

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 87 (1904)

**Artikel:** Der Bau des Simplon-Tunnels

**Autor:** Sulzer-Ziegler, Ed.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-90118>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Der Bau des Simplon-Tunnels.

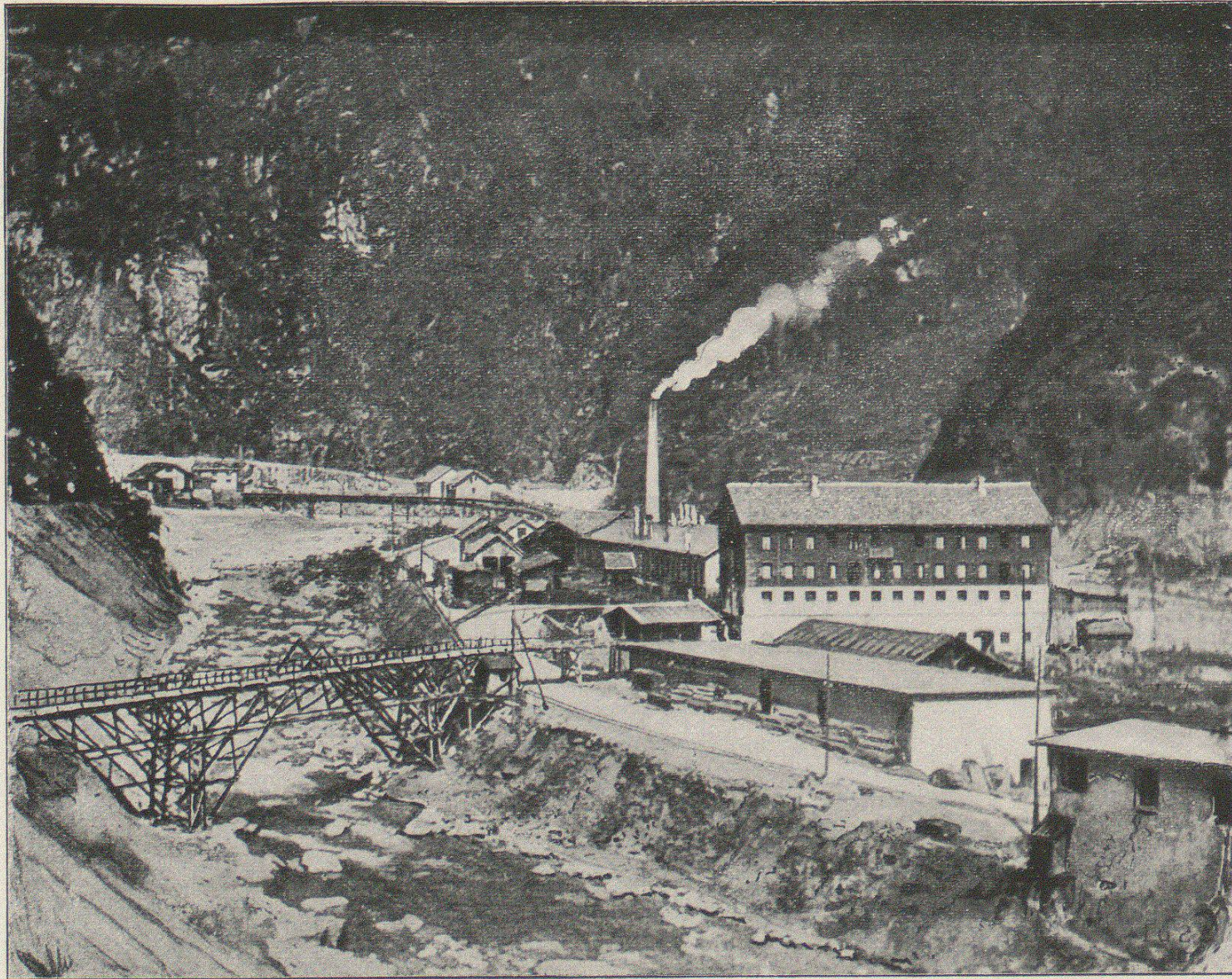
Von ED. SULZER-ZIEGLER.

---

Meine Herren! Als mich Ihr Kollege und mein Freund, Herr Rektor Keller, aufforderte, an Ihrer Jahresversammlung über den Bau des Simplon-Tunnels zu sprechen, hatte ich nicht geringe Bedenken dagegen. Sie sind gewohnt, bei diesem Anlass über rein wissenschaftliche Fragen zu diskutieren und über solche Berichte entgegenzunehmen. Auch der Durchstich des Simplon lässt sich rein wissenschaftlich behandeln, und zwar von verschiedenen wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus, aber dafür bin ich nicht der Mann und mache mir solches auch nicht an; ich bin Praktiker und Geschäftsmann und kann, was ich vorbringen werde, nur von diesem Gesichtspunkte vorbringen, das andere den Gelehrten überlassend.

Wenn also mein Vortrag nicht nach Ihrem Geschmack sein sollte, so trifft die Verantwortung nicht mich, sondern meinen lieben und geschätzten Freund Rektor Dr. Keller.

Noch ein anderes Bedenken war mir aufgestiegen. Die naturforschende Gesellschaft zählt in ihrem Schoosse auch die Herren Geologen. Nun wissen Sie, meine Herren, dass die Simplonunternehmung mit der Geologie und ihren Vertretern auf etwas gespannten Fuss geraten ist. Ich bin nun nicht etwa hier, um die Geologen heraus-



Tafel 1: Installation in Iselle.

zufordern, da würde ich angesichts der Beredsamkeit derselben sicherlich den Kürzeren ziehen, sondern ich werde nur den Standpunkt markieren, den wir Praktiker, durch die Erfahrung gewitzigt, den geologischen Voraussetzungen gegenüber in Zukunft einnehmen werden.

Ich soll einige Mitteilungen machen über die Art und Weise, wie der Tunnel ausgeführt wurde und wird, über das Vorgehen und die Methoden, die beim Bau zur Anwendung gekommen sind und über die Erfahrungen, die bei demselben gesammelt worden sind.

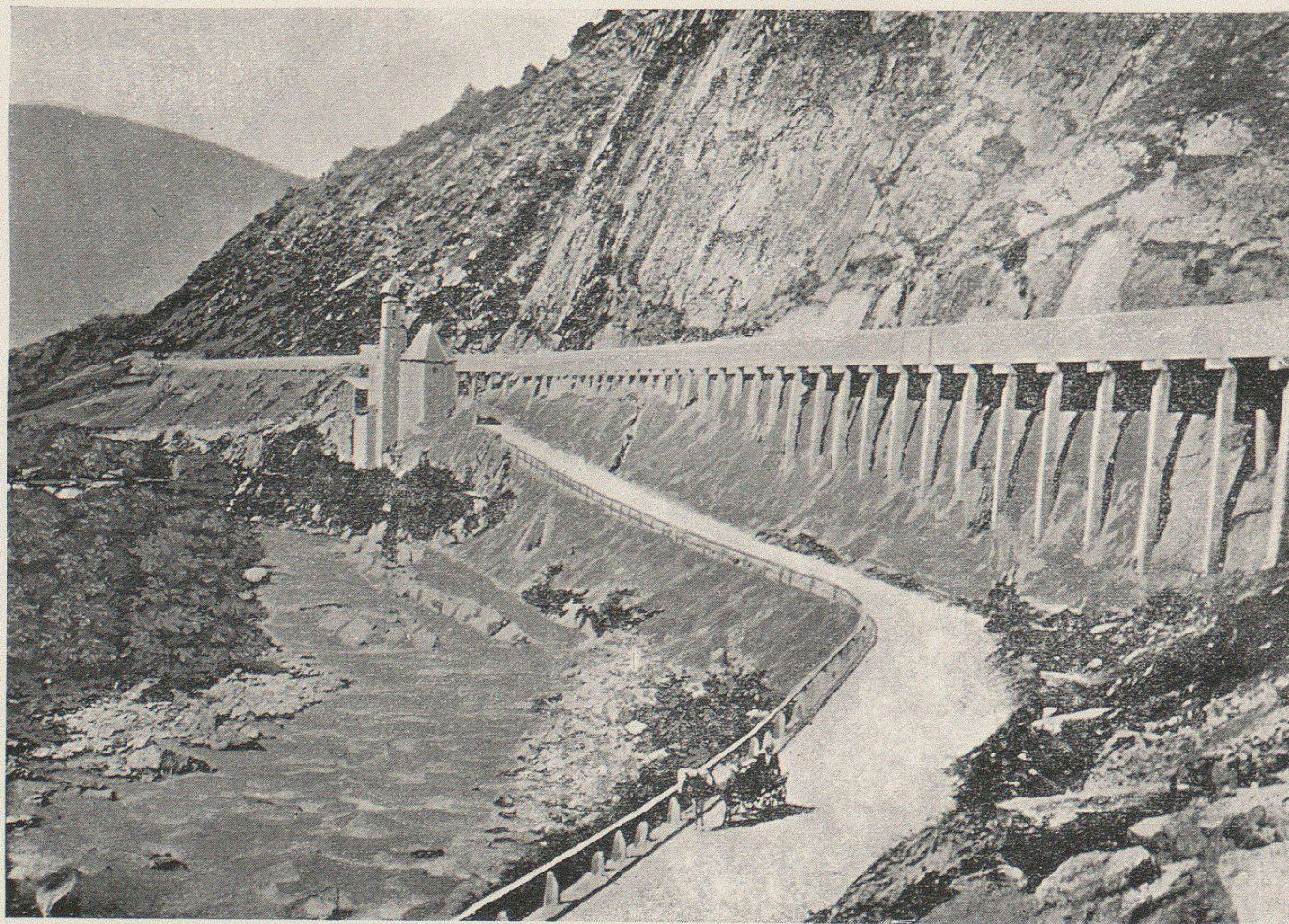
Bevor ich darauf eintrete, will ich mich einigermaßen über das Objekt, um das es sich handelt, aussprechen. Es war ein Jahrzehnte langer Traum der Westschweiz, durch den Simplon eine Eisenbahnverbindung mit Italien zu bekommen. Einen Berg, der Simplon heisst, gibt es nicht, ebenso wenig, wie es einen Berg giebt, der Gotthard oder Splügen heisst. Was man heute die Gotthardbahn nennt, ist eine Bahn, die dieselben Zugangstäler benützt, wie die frühere Gotthardstrasse, und im Tunnel ungefähr unter denjenigen Gebirgszügen durchgeht, welche die Gotthardstrasse überschreitet. Gerade so ist es am Simplon. Der wesentliche Unterschied ist gegenüber dem Gotthard nur der, dass der Simplontunnel viel tiefer unten beginnt und infolge dessen erheblich länger wird, dafür aber den Vorteil hat, dass die sogenannten Bergstrecken erspart werden. Denken wir uns, der Gotthardtunnel beginne anstatt bei Göschenen oberhalb Amsteg und endige anstatt bei Airolo ungefähr bei Faido, so können wir uns am besten eine Vorstellung machen, in welchem Verhältnis bezüglich Meereshöhe, Zufahrtsverhältnissen, Gebirgsüberlagerung etc. der Simplontunnel zum Gotthardtunnel steht. Ein Tunnel von Amsteg nach Faido würde allerdings ungefähr 34 Kilometer lang,

während der Simplon 20 Kilometer lang ist; das heisst mit anderen Worten, das Simplongebiet eignet sich für einen sogenannten Basistunnel besser, indem auf derselben Meereshöhe der Tunnel ca. 70 % kürzer wird als im Gotthardgebiet.

Die Vorstellung von der Länge des Simplontunnels will ich durch einige Vergleiche klar machen. Der Simplontunnel ist ziemlich genau so lang, wie die Luftlinie zwischen Zürich und Winterthur, oder wie die Luftlinie von St. Gallen nach St. Margarethen, oder wie die Distanz von St. Gallen bis zur Säntisspitze, in der Projektion gemessen; einen andern Vergleich: Wenn wir uns den Tunnel in einem Tausendstel seiner Dimensionen vorstellen, so kommt er gleich einem Drahte von 6 mm Durchmesser und 20 m Länge.

Es ist zu konstatieren, dass es in der ganzen Alpenkette keine Stelle giebt, die für einen Basistunnel günstiger liegt, als das Simplongebiet. Basistunnel heissen wir diesen Tunnel, weil er die Berge an der Basis anpackt und dadurch bewirkt, dass man nicht mittelst Zufahrtslinien lange an dieselben heranzusteigen braucht, um dann den Tunnel erst weiter oben beginnen zu lassen. Beim Simplontunnel liegt der nördliche Eingang 685 m über Meer, also 15 m höher, der südliche Eingang 634 m über Meer, also 36 m tiefer als der Bahnhof St. Gallen. Der Höhenunterschied zwischen dem Simplon- und Gotthardtunnel beträgt rund 450 m. Es folgt aus dem Gesagten, dass, abgesehen von der grössern Länge beim Simplontunnel, die Gebirgsüberlagerung — ungefähr gleich hohe Berge vorausgesetzt, wie sie Simplon- und Gotthardgebiet in der Tat aufweisen — dementsprechend grösser sein muss.

Wir haben in Beilage 1 die Profile der drei Tunnels



Tafel 2: Rhonewasserkanal in armiertem Beton.

Mont-Cenis, Gotthard und Simplon. Das Mont-Cenis-Profil ist in ..... dargestellt, das vom Gotthard in .-.-.- und das vom Simplon in ——— Linie. Es ist darauf aufmerksam zu machen, dass die Meereshöhe der Tunnelachsen vollständig verschieden ist. Der Mont-Cenis liegt 600 m höher als der Simplon, der Gotthard, wie gesagt, 450 m. Diese Darstellung soll nur das über der Achse liegende Profil veranschaulichen. Man ersieht daraus am allerdeutlichsten die Verschiedenheit der Ueberlagerung; wir sehen deutlich, dass der Simplontunnel in sehr vielen Punkten wesentlich höher überlagert ist als der Gotthard- und der Mont-Cenis-Tunnel. Bei sämtlichen Tunnels ist das Nordportal am selben Punkte angebracht, damit man einen Vergleich der Länge bekommt. Wir bemerken, dass der Mont-Cenis ungefähr 12 km, der Gotthard 15 km und der Simplon rund 20 km lang ist. Hier schon mache ich auf das sogenannte offizielle geologische Profil (Beilage 2), dasjenige Profil, das vor ungefähr 14 Jahren aufgestellt worden ist, aufmerksam; das untere (Beilage 2) — wir kommen später darauf zu sprechen —, stellt dasselbe Profil dar, mit den unterdessen durch die Geologen eingetragenen Änderungen.

Nachdem ich so den Brocken vorgestellt habe, den es sich zu durchbohren handelt, ist es nun meine Aufgabe, zu sagen, wie sich die Technik einem solchen Projekte gegenüber stellt, und da muss ich etwas zurückgreifen. Bekanntlich ist der Tunnelbau grössern Stils ein Kind der modernsten Zeit. Der Eisenbahnbau hat ihn ins Leben gerufen. Ein Tunnel wie der Hauenstein von zirka  $2\frac{1}{4}$  km Länge war für seine Zeit ein Objekt, das aller Welt Aufmerksamkeit auf sich zog. Es war ein gewaltiger Schritt und brauchte auch einen gewaltigen Mut, den Mont-Cenis mit rund 12 km Länge in Angriff

zu nehmen. Es war das im Jahre 1859. Man war damals zu Beginne der Arbeiten noch gänzlich auf Handbohrung angewiesen. Die Maschinenbohrung wurde erst während des Baues erfunden und eingeführt; zur Abkürzung der Bauten wurden damals überall Schächte vorgeschlagen, welche eine grössere Anzahl Angriffspunkte schaffen sollten. Im Hochgebirge sind dieselben aber praktisch ausgeschlossen, weil sie zu tief und dadurch zu schwierig zu betreiben werden. Was wollte es aber heissen, sechs und einen halben Kilometer von einer Seite aus mittelst Handbohrung zu machen? Wenn wir per Tag einen Meter Fortschritt der Bohrung rechnen — und mehr dürfen wir nicht — so giebt es bei 360 Arbeitstagen per Jahr für diese  $6\frac{1}{2}$  km eine Arbeitsdauer, bis die Stollen durchschlagen sind, von  $16\frac{1}{2}$  Jahren. Das heisst man fürwahr eine *Geduldsarbeit!* So lange ist es nun allerdings nicht gegangen, dank dem Umstand, dass während des Baues des Mont-Cenis mechanische Bohrung zur Anwendung kam; aber 11 Jahre hat es immerhin gedauert, was einen durchschnittlichen täglichen einseitigen Fortschritt von zirka  $1\frac{1}{2}$  m gleichkommt, und das 12. Jahr wurde zur Vollendung des Tunnels gebraucht. So lange dauernde Bauten geben teure Bauten ab, an und für sich, und ganz besonders wegen der auflaufenden enormen Zinsen des ausgegebenen Kapitals, das erst nach Jahren Früchte trägt. Es hat sich also für die Technik vor allem um die Frage gehandelt: Wie kürzen wir die Dauer solcher Bauten ab? Da kann nur helfen: verbesserte mechanische Bohrung. In der Tat war der Gotthard mit seinen rund 15 km Länge in zirka 8 Jahren durchbohrt, was einem durchschnittlichen täglichen Fortschritt von einer Seite von zirka 2,6 m gleichkommt: schon ein gewaltiger Fortschritt!

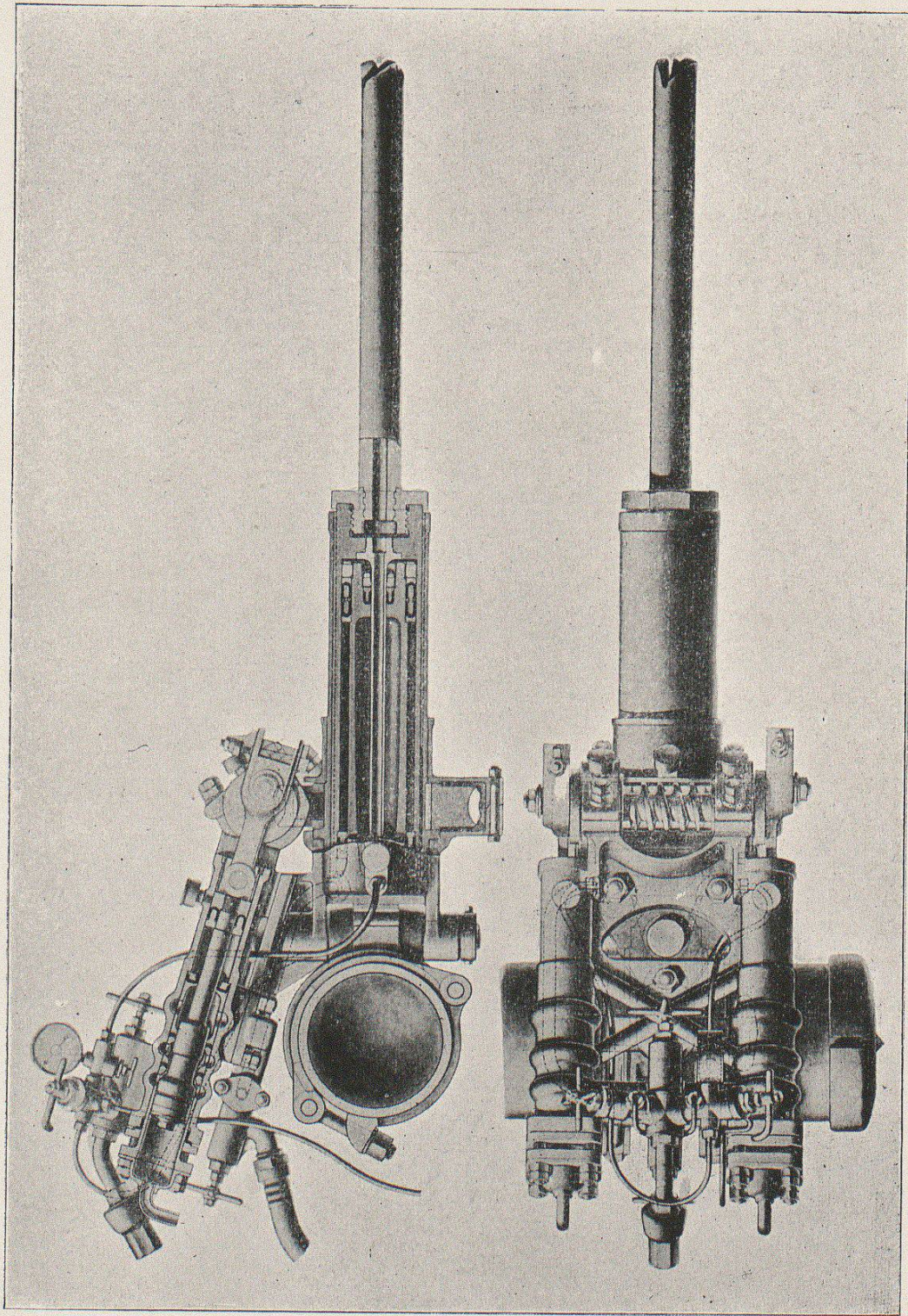


Tafel 3: Signal auf der Spitze des Monte Leone.

Und nun die Bauzeit für den 20 km langen Simplontunnel! Welche Dauer sollte da in Aussicht genommen werden? Sie wurde in folgender Weise berechnet. Die Gesamtlänge des Tunnels beträgt genau 19,770 m, die Hälfte also 9885 m. Es kann davon keine Rede sein, dass man grössere Vorbereitungen trifft, bevor einem der Auftrag erteilt ist. Von diesem Tag an mussten wir mindestens 3 Monate rechnen, bis wir mit den Einrichtungen für die mechanische Bohrung bereit sein konnten. Rechneten wir für die Handbohrung täglich einen Meter, so ergab das in 3 Monaten rund 100 m; das kommt fast nicht in Betracht.

Es war für uns eine ausgemachte Sache, dass nur *ein* Bohrsystem, nämlich das nach seinem Erfinder genannte *Brandt'sche Bohrsystem* mit hydraulischem Betriebe in Betracht kommen konnte. Mit Rücksicht einerseits auf die Aufschlüsse der geologischen Profile, die zahlreich ausgearbeitet worden waren, und die die zu erwartenden Gesteinsarten und deren mutmassliche Schichtungen im grossen ganzen als günstig darstellten, und anderseits mit Rücksicht auf bereits erwiesene Leistungen des Brandt'schen Bohrsystems, glaubten wir einen durchschnittlichen täglichen Fortschritt auf jeder Seite von  $5\frac{1}{2}$  m in Aussicht nehmen zu dürfen. Das ergab für die restierenden 9785 Meter einer Seite rund 5 Jahre bis zum Durchschlag und inklusive des nötigen halben Jahres zur Vollendung des Tunnels, vom Tage der Inbetriebsetzung der mechanischen Bohrung an, eine Bauzeit von  $5\frac{1}{2}$  Jahren. Ich werde später davon sprechen, wie wir dieses Programm eingehalten haben und bemerke nur noch, dass bei der knappen Finanzierung des ganzen Unternehmens es auf eine kurze Bauzeit wegen der namhaften Ersparnisse an Zinsen wesentlich ankam.

Lag die Frage der mechanischen Bohrung verhältnismässig einfach, so stellten sich derjenigen der *Ventilation* dagegen grosse Schwierigkeiten entgegen. Eines hat der Bau des Gotthardtunnels klar und deutlich dargestellt, nämlich, dass die dort angewendeten Mittel zur Erneuerung der Luft gänzlich ungenügend waren. Hinsichtlich der Ventilation war man an den Bau des Mont-Cenisunnels mit einer geradezu unglaublichen Naivität getreten, indem man annahm, dass sich die Lufterneuerung so mehr oder weniger von selber herstelle, wie das in der Tat bei ganz kurzen Tunnels der Fall ist. Es ist daher erklärlich, dass beim Mont-Cenis die Einführung der komprimierten Luft zum Betriebe der Bohrmaschinen, die zugleich eine gewisse Lüftung brachte, als eine grosse Errungenschaft betrachtet wurde. Unter dem Eindruck derselben wurde das Bauprogramm für den Gotthard festgestellt. Prinzipiell ist es nun ja ganz richtig, dass komprimierte Luft bei ihrer Expansion Lufterneuerung bringt. Man hat sich aber quantitativ verrechnet. Was die Luftbohrmaschinen brauchen, genügt wohl für das dabei beschäftigte Personal; aber die andern Arbeiter sind auch noch da und bilden das „Gros“ und für diese war beim Bau des Gotthardtunnels nicht genügend gesorgt. Es ist in wasserarmen Wintern, wo die Kraft knapp war, vorgekommen, dass per Sekunde nicht mehr als zirka  $1\frac{1}{2}$  cbm atmosphärischer Luft in den Tunnel kam, also per Minute zirka 90 cbm und das für zirka 400 Mann, während man per Mann, der im Tunnel arbeitet, mindestens einen halben Kubikmeter rechnen sollte, was 200 cbm erfordert hätte. Die Folge war dann auch eine entsprechende Verunreinigung der Luft durch Lampen, Sprengmaterialien und nicht zuletzt durch die Ausdünstung der Menschen selbst, ein Zustand, welcher die Gesundheit,



Tafel 4: Bohrmaschine.

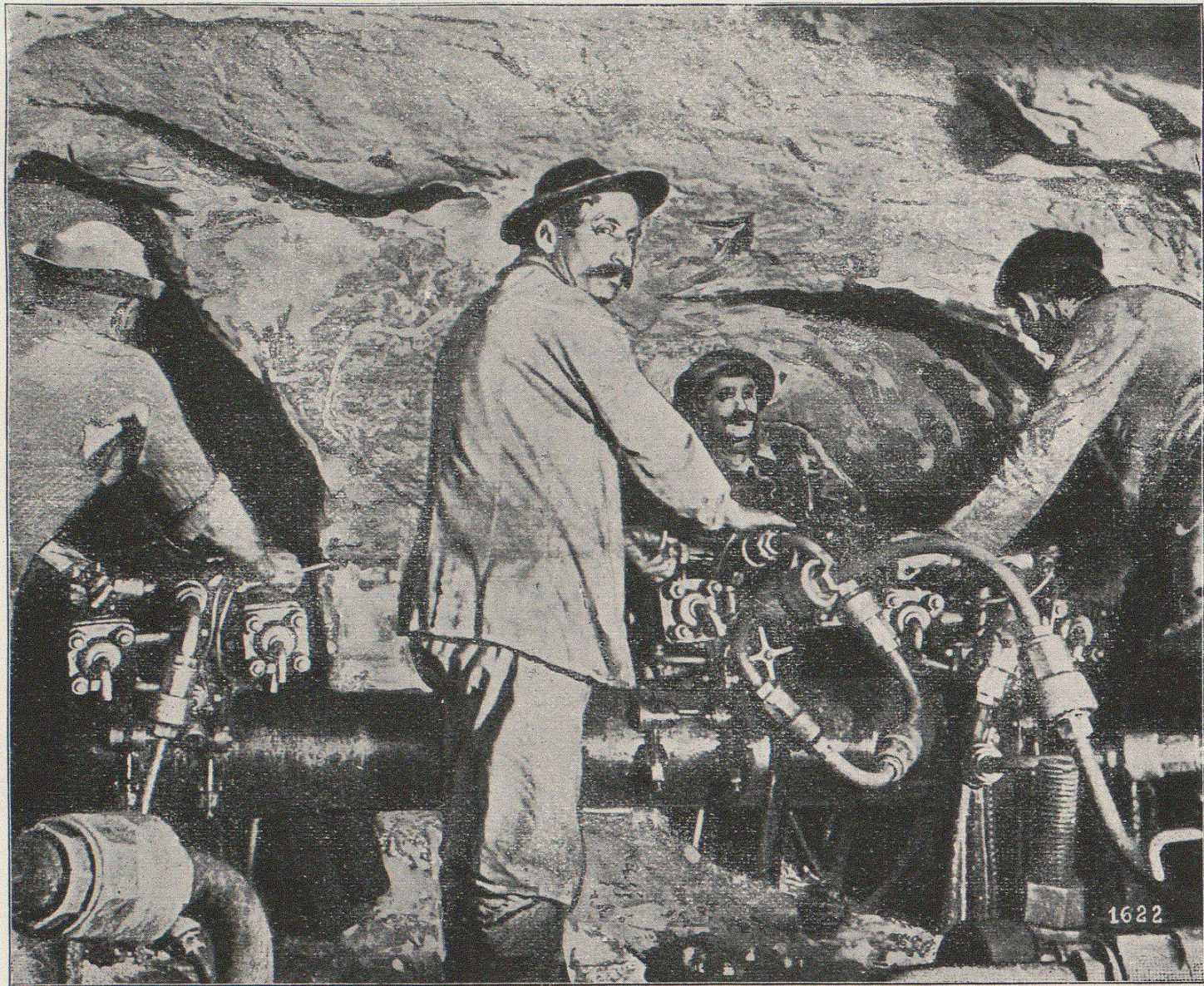
also auch die Leistungsfähigkeit der Arbeiter stark beeinträchtigte und dadurch die Arbeiten sehr verteuerte.

Es ist wesentlich der ungenügenden Ventilation zuzuschreiben, dass der Gesundheitszustand der Arbeiter am Gotthard viel zu wünschen übrig liess, der mit der mangelnden Reinlichkeit und infolge dessen auftretender Krankheiten viele Menschenopfer forderte. Es war ein St. Galler Arzt, der leider zu früh verstorbene, verdiente Dr. Sonderegger, der im Auftrag der eidgenössischen Behörden damals am Gotthard Untersuchungen veranstaltete und darüber Bericht erstatten musste. Sein Bericht ist sehr interessant; er war selbstverständlich wie immer vom besten Willen erfüllt, aber ändern konnte er nichts mehr, da der Sachlage gemäss nichts mehr zu ändern war. Der Sprechende war von einem Besuche am Gotthard während des Baues derart ergriffen, dass er sich damals sofort die Frage vorlegte: Ist es wirklich beim Tunnelbau nicht anders zu machen, als dass die Arbeiter unter derartig erschwerenden und peniblen, ihrer Gesundheit schädlichen Umständen arbeiten müssen? Giebt es nicht Mittel, diese schweren Übelstände zu heben, so dass auch der Tunnelbau auf humane Weise betrieben werden kann? Das Problem schien schwierig genug; die Leute vom Fach schüttelten die Köpfe und glaubten sich resigniert in das Unvermeidliche schicken zu müssen. Man muss eben bedenken, wie schwierig es ist, sperrige Einrichtungen zu machen in einem so engen Raum, wie ein Tunnel es ist, in dem ein grosser Verkehr für Abfuhr des Sprengschuttes und Einfuhr der Baumaterialien stattfindet, in dem alle paar Stunden gesprengt wird, wo je nach dem Gestein Wände und Decken mit dicht aneinander stehenden Holzbalken — dem sogenannten Einbau — gestützt werden müssen, wo einbrechendes

Wasser fushoch den Boden, die sogenannte Sohle, überschwemmen kann, wo alles konstant im Werden und Entstehen, nichts bleibend ist; ich sage, man muss all das bedenken, und dann begreift man die Resignation der damaligen Fachleute. Man durfte sich aber dadurch nicht abschrecken lassen. Ein zweiter Tunnelbau mit derartigen Menschenopfern, wie der Gotthard sie gefordert hat, wäre unverantwortlich gewesen. Wenn die Technik nicht die Mittel findet, diese Dinge zu ändern, dann lieber keinen derartigen Tunnel mehr bauen, das sagte man sich!

Nach eingehendem Studium dieser wichtigsten Frage glaubten wir den Weg gefunden zu haben. Der Bau des Arlbergtunnels bot uns das gewünschte Versuchsfeld. Unser Vorschlag, mittelst Rohrleitungen von einem bis dahin für unmöglich gehaltenen Durchmesser und mit viel Luft von schwacher Pression den Tunnel stark zu ventilieren, fand die Zustimmung der österreichischen Ingenieure, und der Erfolg hat uns vollkommen Recht gegeben. Wesentlich dank der neuen Ventilationsmethode, nach welcher per Sekunde durchschnittlich 6 cbm Luft eingeführt wurden, ist der Arlbergtunnel ein Jahr vor dem programmässigen Zeitpunkt vollendet worden, und es muss gesagt werden, dass schon am Arlbergtunnel der Gesundheitszustand der Arbeiter ein guter war.

Für den Simplon lag die Frage der Ventilation ungleich schwieriger als für den Arlberg. Es handelte sich um die doppelte Länge — der Arlberg hat zirka 10 km —, es handelte sich um eine grössere Anzahl Leute, die zu gleicher Zeit im Tunnel arbeiten, und es handelte sich, und das war die Hauptsache, um hohe Temperaturen, ein vollständig neuer Faktor im Tunnelbau. Wollte man als Grundsatz aufstellen — und das taten wir — dass in aller erster Linie die im Tunnel beschäftigten

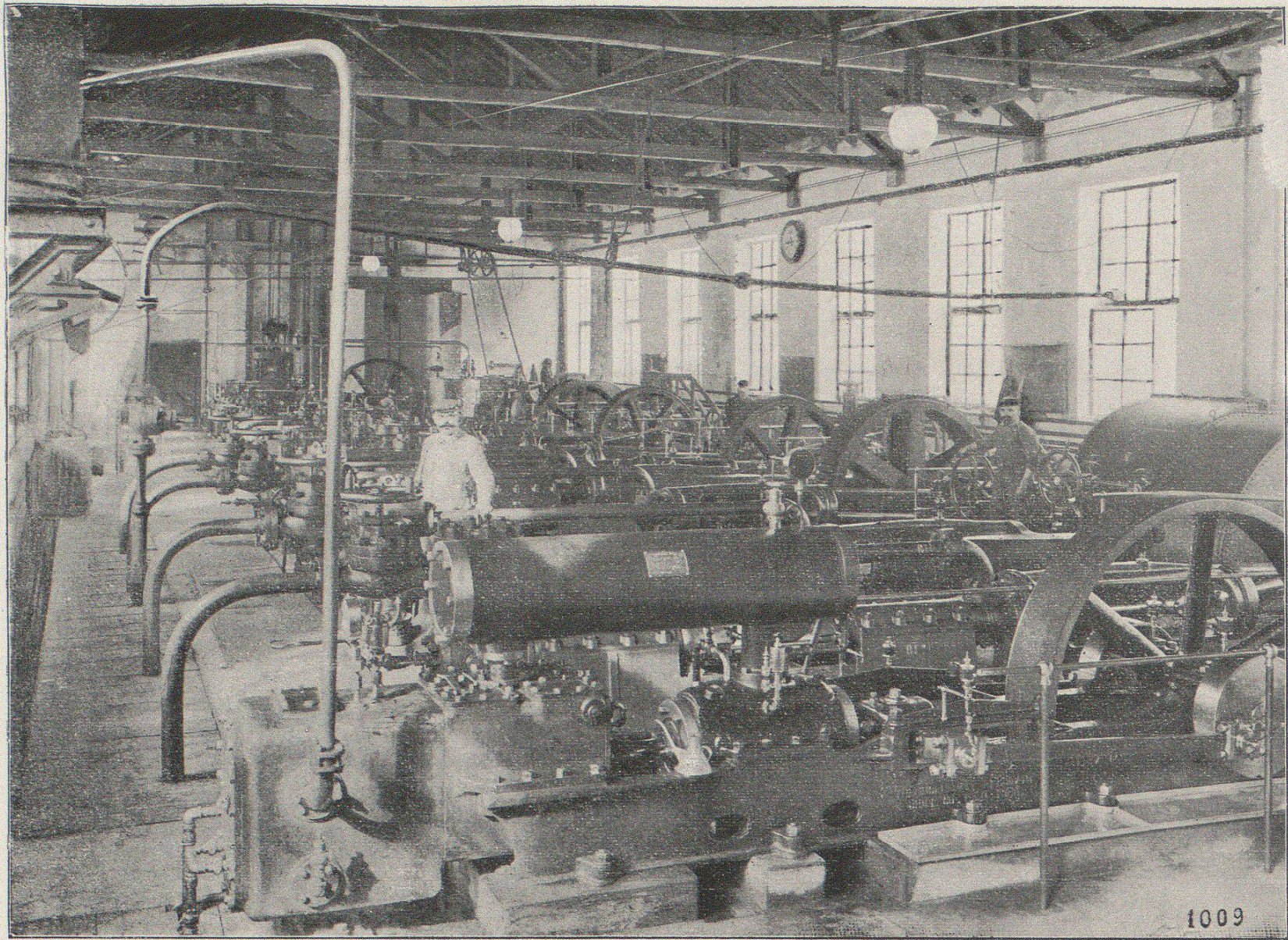


Tafel 5: Bohrmaschine Vorort.

Menschen geschont und in ihrer Gesundheit nicht geschädigt werden sollten, dass sie ferner ihre volle Leistungsfähigkeit sollten entwickeln können, ich möchte sagen wie Leute, die in freier Luft, unter freiem Himmel arbeiten, so stand man bezüglich Lüfterneuerung vor Anforderungen, die weit über das hinausgingen, was bis daher angenommen war. Nicht einen halben, auch nicht nur 1 cbm Luft per Mann und Minute, sondern womöglich 3 cbm und eher noch mehr waren in Aussicht zu nehmen bei 500 Mann im Tunnel; also 1500 cbm Luft per Minute. Wir gingen dabei von der einfachen Tatsache aus, dass ein Mensch hohe Temperaturen nicht erträgt, wenn er in stagnierender Luft arbeiten muss, durch sie aber nicht beeinträchtigt wird, wenn er in Zugluft steht. Jeder von uns hat das schon an sich gespürt; die Luft mag noch so schwül sein, wenn ein Lüftchen geht, ist es erträglich. Dieses Lüftchen wollten wir unsern Arbeitern verschaffen. Aber wie? Die Rechnung ergab, dass derartige Quantitäten Luft nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand von Kraft durch Rohrleitungen auf grosse Distanzen geblasen werden konnten, und ungemessene Kräfte standen uns nicht zur Verfügung. Wohl konnte man ja in der fertiggestellten Partie des Tunnels Rohrleitungen von grossem Durchmesser, sagen wir ein Meter und noch mehr, plazieren, um an Reibung und dadurch an Kraft zu sparen; es blieb aber immer noch das Problem, durch die sogenannte Baustrecke, die jeweilen über 1000 m lang ist, die nötige Luft durchzupressen. Man musste immer mehr und mehr einsehen, dass das nicht möglich sein würde, und so reifte nach und nach der Gedanke an die gleichzeitige Herstellung des zweiten Stollens, des *Parallelstollens*, der mit einem Schlag die befriedigende Lösung gab.

Man macht sich eine falsche Vorstellung, wenn man meint, solche Ideen seien als geniale Einfälle sofort zur Hand, nein, aus der Not werden sie geboren, als Schlussresultat auf den Grund gehender Gedankenarbeit, und wenn sie gut sein sollen, so müssen sie einfach sein, so dass nachher jedermann sagt: „Es ist ja selbstverständlich und keine Hexerei; das hätte ich auch so gemacht; wie kann man das überhaupt anders machen?“ Die befriedigende Lösung bestand darin, dass wir nun in diesem zweiten Stollen das grosse Rohr besaßen, dessen wir bedurften; nur noch viel grösser, als man sich bisher vorgestellt hatte, und das zugleich den Vorteil bot, dass es die Arbeiten im Haupttunnel in keiner Weise genierte. Damit konnte man nicht nur 3 cbm per Mann und per Minute, sondern noch mehr Luft in die Arbeitsstellen bringen. Abgesehen von dem Vorteil für die Lüftung brachte der zweite Stollen ebenso grosse für die Transportfrage, die im Tunnel eine so grosse Rolle spielt, für die Frage des Wasserabflusses und namentlich für die Preisfrage; denn er ermöglichte die Ausführung eines vorläufig nur eingleisigen Tunnels. Auf alle diese Dinge werden wir später zu sprechen kommen.

Waren wir damit der Lösung des Problems schon nahe gerückt, so blieb immer noch *ein* ganz dunkler Punkt: *die Wärme*. Denn dass diese mit der blossen Ventilation bei der bekannten geringen Wärmekapazität der Luft nicht bewältigt werden konnte, war klar und ergab die Rechnung. Der Faktor Wärme hatte schon beim Gotthard eine fast verhängnisvolle Rolle gespielt, trotzdem die Wärme des Gebirges dort nur auf 31 ° C. stieg, während für den Simplontunnel, dank der grösseren Ueberlagerung 38, 40, ja bis zu 42 ° C. in Aussicht gestellt waren. Bekanntlich nimmt die Erdwärme zu, je



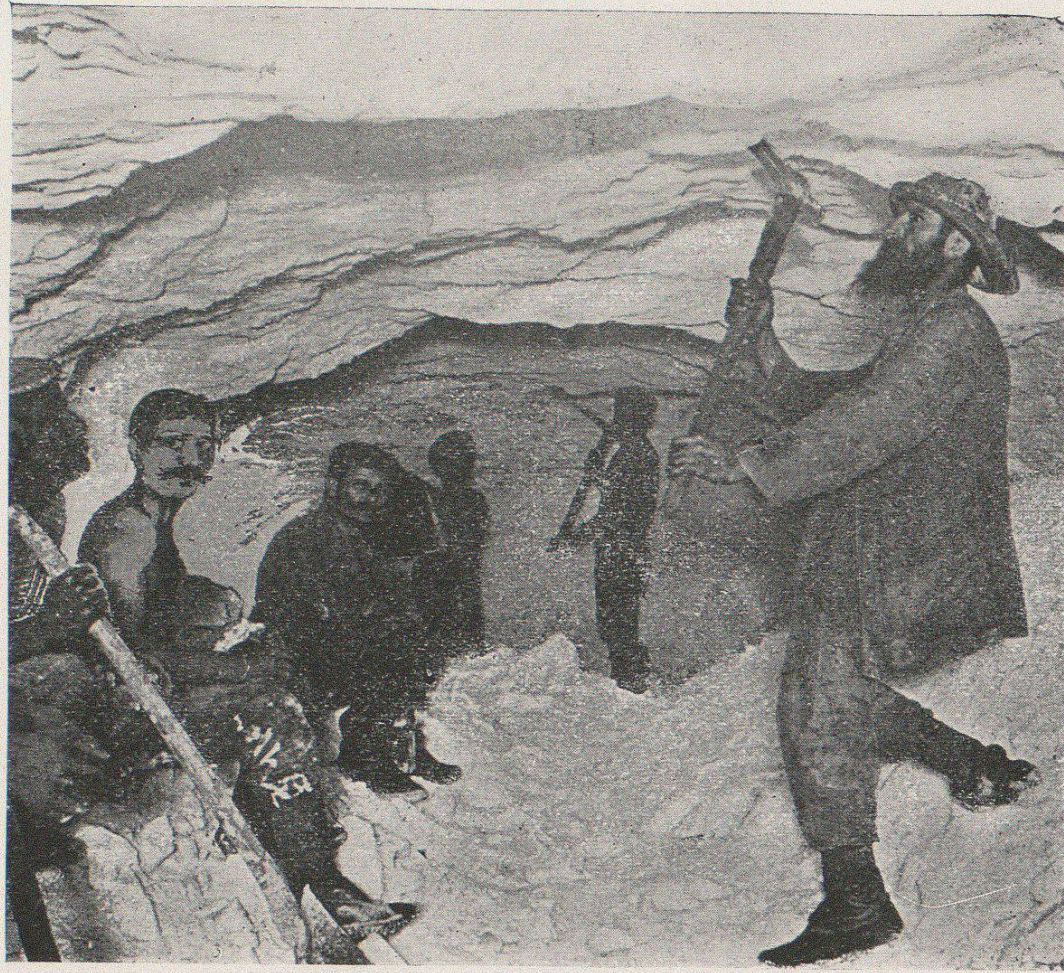
Tafel 6: Kompressionsmaschinenanlage in Brig.

weiter man von der Oberfläche der Erde, z. B. in einem Schacht, in die Tiefe dringt. Man hat durch Messungen herausgefunden, dass in der Ebene die Wärme mit je ungefähr 30 m Tiefe um einen Grad zunimmt; im Gebirge, wo Abkühlungsflächen der Berge vorhanden sind, ist es anders, und man hat beim Simplon auf 60 m einen Grad gerechnet. Die Ueberlagerung des Gebirges über dem Tunnel ist nun auf seiner ganzen Länge sehr verschieden; sie ist in den ersten Kilometern von Norden gering, wächst dann nach dem 5. km rasch, erreicht bei km 9, gerade unter der italienisch-schweizerischen Grenze, ihr Maximum mit 2135 m, bleibt dann zirka 7 km ungefähr gleich mit durchschnittlich 1800 m und sinkt gegen das Südportal allmählich wieder ab. In der ganzen Partie vom 6. km von Nord bis zum 15. war eine erheblich höhere Temperatur als beim Gotthard zu gewärtigen, nämlich zwischen 35—40° C. Nachdem sich am Gotthard erwiesen hatte, dass schon eine Temperatur von zirka 30° C. bei wenig erneuter Luft die Leistungsfähigkeit des Arbeiters stark herunterminderte, musste man sich rechtzeitig vorsehen. Es kommt dazu, dass in jedem Tunnel die Luft sozusagen gänzlich mit Feuchtigkeit gesättigt ist, weil jedes Gebirge etwas Wasser führt, und dass diese Sättigung vom Menschen bekanntlich sehr lästig empfunden wird, aus dem einfachen Grunde, weil er darin nicht transpirieren, respektive der Schweiss in einer solchen Luft nicht verdunsten kann. Es handelte sich also darum, nicht nur viel, sondern genügend kühle und vor allem wo möglich trockene Luft für den Arbeiter zu beschaffen. Nun aber wie? Zur Kälteerzeugung sind verschiedene Mittel tauglich: Das Expandieren komprimierter Luft hätte z. B. nahe gelegen; die Gletscher sind ja auch in der Nähe, man

könnte leicht Eis und Lawinenschnee einführen, auch könnte man durch künstliches Eis Kälte erzeugen, da ja Kraft genug vorhanden ist. Ja, das ist prinzipiell alles recht, wenn man aber zu rechnen anfängt, einerseits was für Wärmemengen abzuführen sind, und andererseits was die verschiedenen Verfahren leisten, so ergibt die Rechnung entweder monströse Anlagen oder aber ein grosses Defizit. Vor allem aber musste man sich darüber Rechenschaft geben, wie gross das abzuführende Wärmequantum sei, um die Temperatur für den Arbeiter auf ein vernünftiges Mass hinunter zu bringen, als welches 25° C. angenommen wurde. Wie viele Calorien, wie viel Wärmeeinheiten werden die Tunnelwände, wird das Ausbruchsmaterial abgeben? Eine solche Rechnung ist wohl kaum je zuvor durchgeführt worden. Sie ist das spezielle Verdienst des leider zu früh verstorbenen Oberingenieur *Hirzel-Gysi* von Winterthur, der auch in der Lösung der Ventilationsfrage hervorragenden Anteil gehabt hat, den Bau des Tunnels aber nicht mehr erleben sollte. Es lag bis zu einem gewissen Grad der umgekehrte Fall vor, als wie er sich bei der Heizung eines Gebäudes präsentiert; bei der letztern handelt es sich um Wärmezuführung, hier beim Tunnel um Wärmeabführung. Es wäre Verwegenheit gewesen, Vorschläge für den Bau des Simplontunnels zu machen, bevor man sich mit dieser Frage der Wärmeabführung gründlich und möglichst zuverlässig abgefunden hatte. Die Rechnungen ergaben eine stündlich nötig werdende Wärmeabführung von zirka zwei Millionen Wärmeeinheiten, und als unter gegebenen Umständen tauglichstes Mittel kam *Hirzel* wieder auf ein möglichst einfaches — kaltes Wasser. Das scheint wiederum ungeheuer einfach und selbstverständlich, und doch ist kein anderer darauf gekommen.



Tafel 7: Anzünden der Minen Vorort.



Tafel 8: Schutterung Vorort.

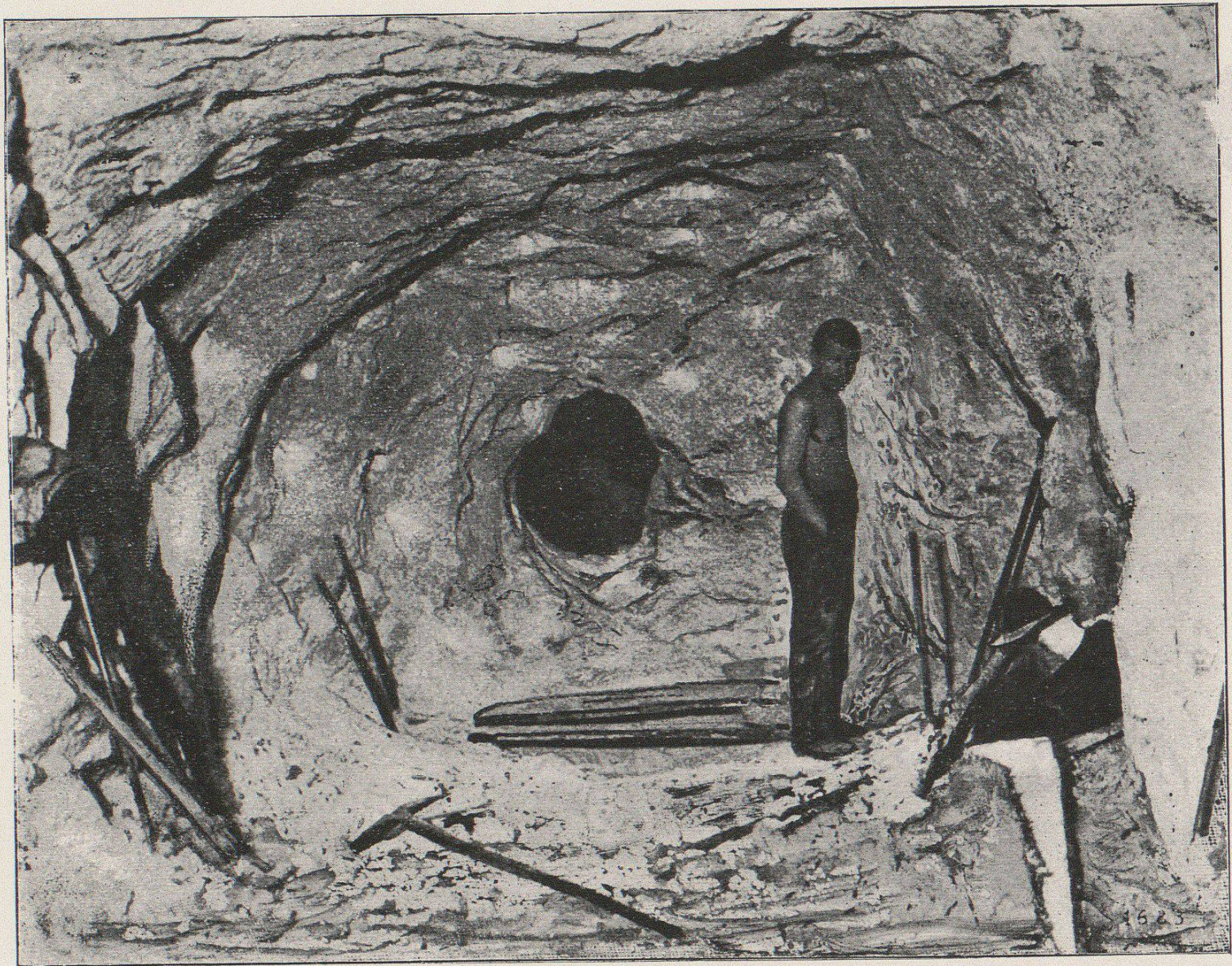
Nachdem auf diese Weise die drei Hauptfragen: mechanische Bohrung, Ventilation und Kühlung befriedigend geordnet waren, konnte man daran denken, das Programm für die *Installationen* des genauern aufzustellen (Tafel 1). In erster Linie kam die *Kraftfrage*. Aus dem Gesagten ergibt sich, dass bei einem derartigen Tunnelbau der Mechaniker so viel zu tun hat wie der Bauingenieur. Es handelt sich überall um die Anwendung grosser mechanischer Mittel sowohl bei der Bohrung, wie bei der Ventilation, wie bei der Kühlung; dem entsprechend muss der Kraftbedarf für solche Tunnelbetriebe ein grosser sein. Die genannten Betriebe zusammen unter Hinzurechnung der nötigen Kraft für Werkstätten, Sägereien, für elektrisches Licht zur Beleuchtung der Installationen etc. absorbierten nach unserer Rechnung zirka 1700 HP; um ganz sicher zu gehen, nahmen wir aber 2200 HP an, und wir sind heute darüber froh.

Wenn man Kraft sucht, hat man in unsern Bergen die Auswahl; so standen uns denn auch auf der Nord- und Südseite verschiedene Kraftquellen zur Verfügung. Wir wählten die sichersten, diejenigen, die so ausgebeutet werden konnten, dass sie möglichst wenig durch Steinschlag, Lawinen und Ueberschwemmung gefährdet waren und damit einen ununterbrochenen Betrieb garantierten: auf der Nordseite die Rhone, auf der Südseite die Diveria. (Taf. 2.)

Es möge gestattet sein, nicht etwa in logischer Folge dessen, was ich gesagt habe, sondern weil es gerade den Laien interessieren wird, einige Worte über die *Triangulation* einzuschalten, über die Frage, wie es möglich ist, dass man in einem solchen Loche aufeinander kommt. Ich habe immer bemerkt, dass dem Laien diese Frage die grösste Sorgè macht. Ich kann

aber versichern, dass dies für den Techniker das geringste Bedenken ist. Deswegen habe ich noch nie eine unruhige Nacht gehabt. Soweit sind wir, dank der raffinierten Ausbildung unserer Messkunde; wir hoffen nicht nur auf den Meter, nicht nur auf den Dezimeter, sondern auf wenige Centimeter genau zusammenzukommen.

Ueber die Bestimmung der Tunnelachse möge folgendes zur Orientierung dienen. Wir sind mitten im Gebirge, und wir sehen von der Spitze der Berge, zum Beispiel der Nordseite, wenn auch nicht die Spitzen am andern Ende, so doch die Spitze des Monte Leone, der im Zentrum des Simplonmassivs steht; ebenso von den Bergspitzen der Südseite die Spitze des Monte Leone und verschiedene andere. Es wird nun unter denjenigen Bergspitzen, die sich am besten eignen, das Triangulationsnetz hergestellt, d. h. es werden die Winkel, unter denen diese Bergspitzen stehen, die mit Signalen versehen sind, genau festgestellt, mit der heutigen geradezu unglaublichen Präzision. Man kennt anderseits die beiden Endpunkte des Tunnels. Es handelt sich nun schliesslich darum, die letzten Winkel auf Nord- und Südseite festzustellen zwischen den Ausgangspunkten und den von denselben sichtbaren Bergspitzen, und wenn diese Winkel festgestellt sind, und man die Tunnelachse kennt, kann man sich nicht mehr täuschen: Der Tunnel muss in der ganz bestimmten Richtung gemacht werden, vorausgesetzt, dass die Absteckungen günstig vollzogen werden können. Nun, in dieser Beziehung waren wir ausserordentlich begünstigt. Wir haben noch vom 6. km auf Nord- und Südseite hinausgesehen; dann hatte es aber eine Grenze; es handelte sich dann darum, nach gemachten Fixpunkten die Messinstrumente zu hand-



Tafel 9: Durchschlag in der First.

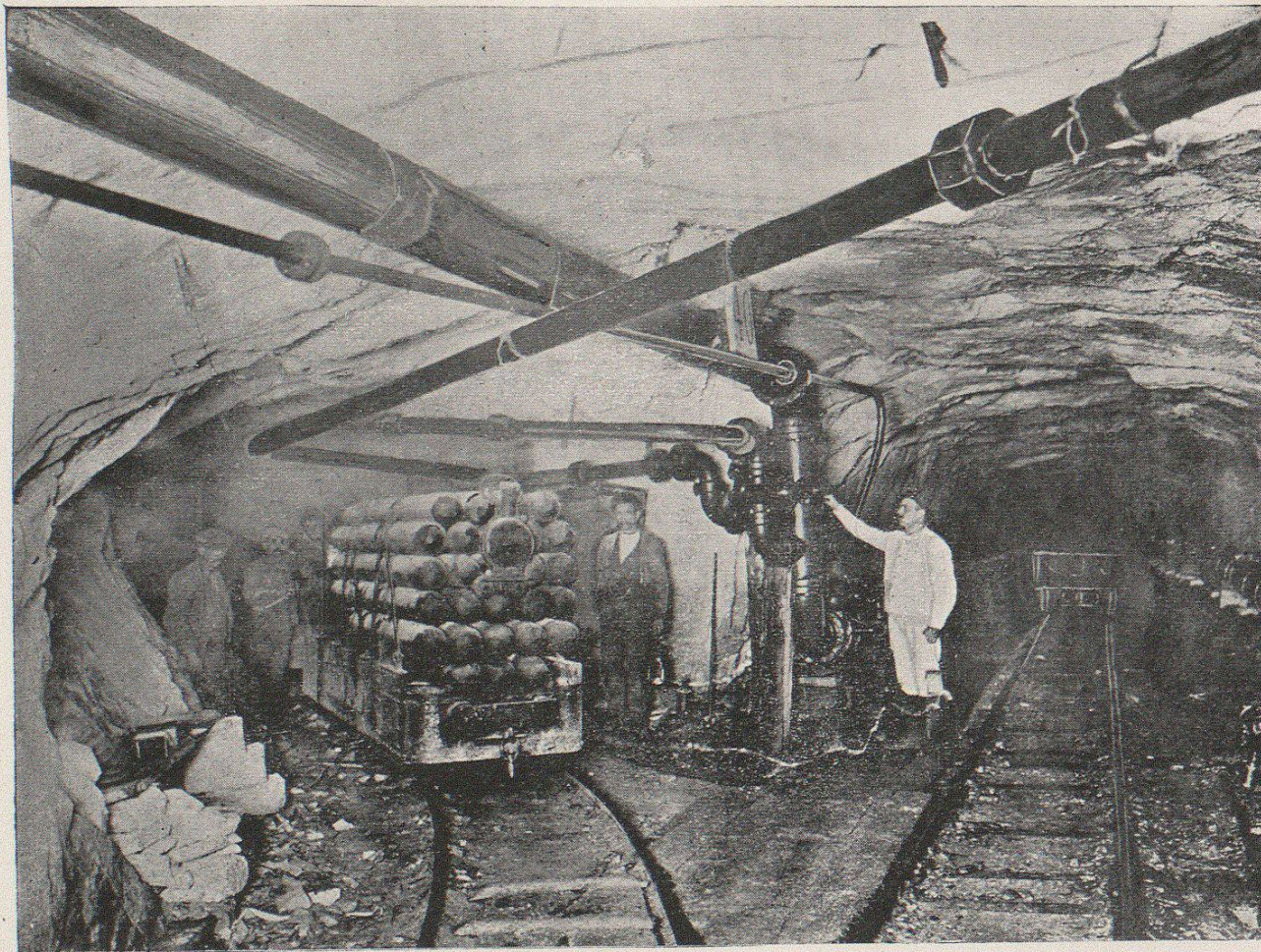
haben und so kann man die Richtung weiter vollständig mit Sicherheit festsetzen. (Taf. 3.)

Nachdem ich im Voranstehenden unser Hauptprogramm im allgemeinen auseinandergesetzt habe, komme ich etwas eingehender auf die einzelnen Teile desselben zurück; zuerst auf die *mechanische Bohrung*. Man weiss ungefähr, wie gross der Querschnitt eines eingleisigen Tunnels ist, wie breit und wie hoch. Die Breite ist ungefähr  $4\frac{1}{2}$ —5 m, die Höhe ungefähr 6 m. Man muss sich nun nicht vorstellen, dass dieses ganze grosse Loch auf einmal in seiner ganzen Front in Angriff genommen wird, sondern man macht vorerst ein kleines Loch, den sogenannten Stollen, der ungefähr 2 m hoch und  $2\frac{1}{2}$ —3 m breit ist, gerade hoch genug, dass Menschen darin aufrecht gehen können und breit genug, dass Rollwagen darin verkehren können. Dieses herzustellen, ist Sache der Bohrmaschinen. Auf diese Weise kommt man begreiflicherweise rascher vorwärts und darauf kommt alles an. Nur bei ganz kurzen Tunnels nimmt man etwa das ganze Profil in einzelnen Abstufungen in Angriff. Dieses kleine Loch, diesen Stollen, kann man nun ansetzen, wo man will; man setzt ihn aus praktischen Gründen entweder oben oder unten an. Im ersten Falle heisst man ihn den *Firststollen*, im zweiten Falle den *Sohlstollen*. Was verdient den Vorzug? Am Gotthardtunnel ist der Firststollen gemacht worden, am Aarberg der Sohlstollen und am Simplon desgleichen. Eine der Hauptlehren des Baues des Gotthardtunnels war, dass der Firststollen für grosse Tunnels grosse Nachteile mit sich bringt. Es entstand in Fachkreisen ein erbitterter Kampf über die Frage: Sohlstollen oder

Firststollen? Bekanntlich haben alle Dinge ihre zwei Seiten, ihre Vorzüge und Nachteile. Es fragt sich nur: Wo ist die Summe der Vorteile grösser? Nach unserer Ansicht ist das für lange Tunnels beim Sohlstollen der Fall: darüber allein könnte man aber einen mehrstündigen Vortrag halten. Eines ist sicher: beim Sohlstollen hat man eine bleibende, sichere Basis für alles, für Geleise, für Rohrleitungen, für Wasserablauf, deshalb, weil sich die Sohle nicht mehr verändert; bei Anwendung des Firststollens, wo man mit der Ausweitung nach und nach hinunter muss, ändert sich die Basis fortwährend, und das bringt grosse Umständlichkeiten. In Fachkreisen hat man einen grossen Teil des Misserfolges von *Favre* dem von ihm angewendeten Firststollen zugeschrieben. Wir sind überzeugte *Anhänger des Sohlstollens*.

Der Unterschied gegenüber dem gewöhnlichen Alpentunnelbau war bei uns nun der, dass wir zugleich zwei Sohlstollen in Angriff nahmen, die 17 m von einander entfernt sind; in jedem derselben spielt sich aber vorläufig genau dasselbe ab.

Die zur Anwendung gekommene Bohrmaschine ist, wie bekannt, die Brandt'sche mit hydraulischem Betriebe (Taf. 4 u. 5). Das Prinzip derselben ist, dass die einzelnen Gesteinspartikelchen des Bohrloches nicht durch Schlag, sondern durch Druck gelöst werden. Ein röhrenförmiger Hohlbohrer mit drei Zähnen wird unter starkem Drucke gegen das Gestein gepresst, damit die Zähne einige Millimeter in dasselbe eindringen und zugleich langsam gedreht. Es ist ein Bohrer von 7 cm Durchmesser und die Hauptsache daran, dass die drei Zähne möglichst zäh und hart sind. Der Bohrer wird gepresst durch ein Gestänge mit einem Druck von 10,000 bis



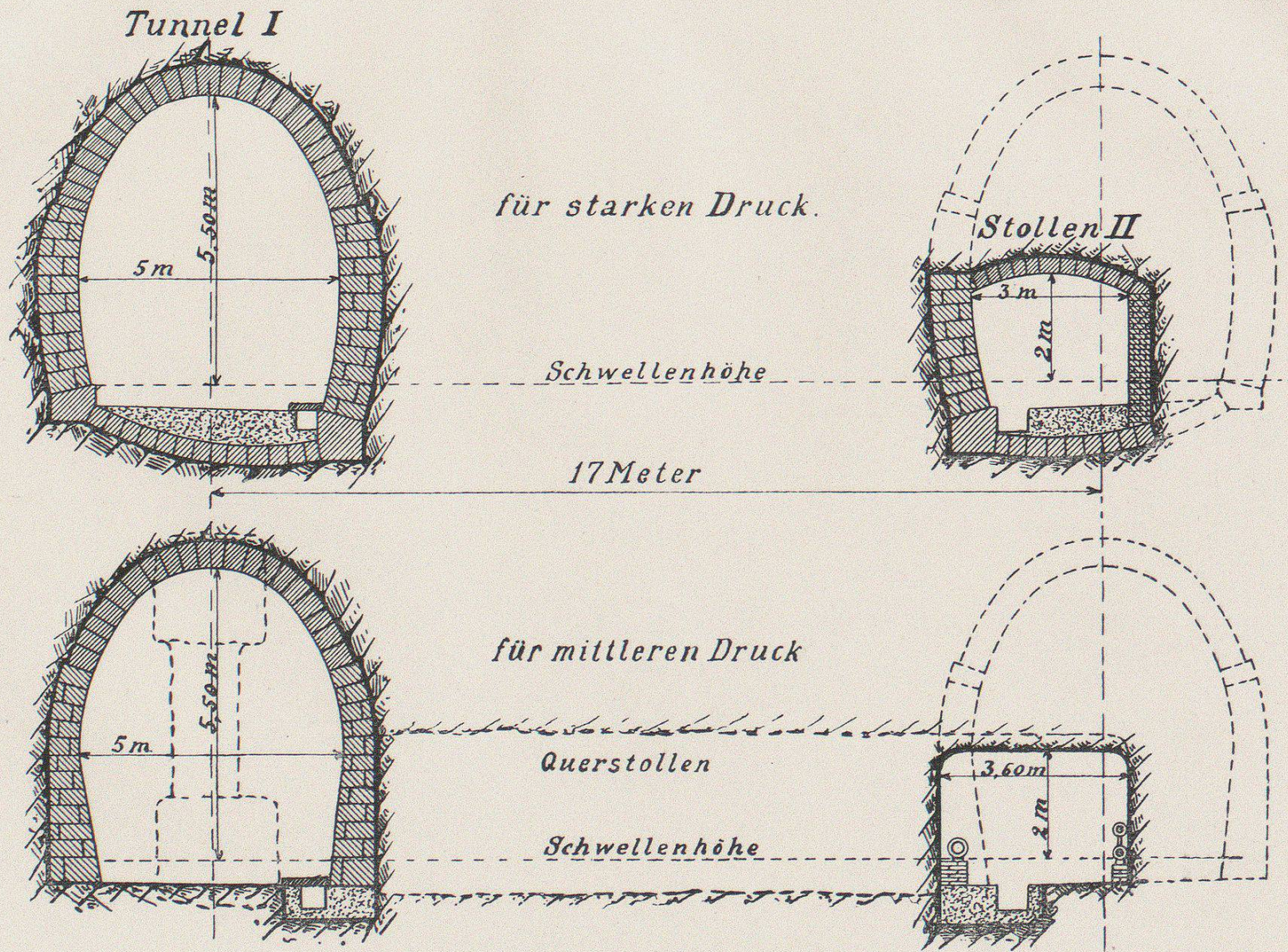
Tafel 10: Einmündung eines Querschlages in den Stollen II.

12,000 Kilo, was also dem Gewicht einer normalen Eisenbahnwagenladung entspricht. Die hydraulische Bohrmaschine kann ich Ihnen hier nicht in allen Details erklären; ich kann Ihnen nur sagen, dass das Gestänge, angetrieben von dem Vorschubzylinder mit einer Geschwindigkeit, je nach dem Gestein, von 4 bis 8 Touren per Minute gedreht wird; die Hauptasche ist, dass der Bohrer mit dem nötigen Druck eingepresst wird und sich die einzelnen Zähne einige Millimeter in das Gebirge eingedrängt haben, so dass durch die Drehung kleine Brocken abgesprengt werden. Also ganz im Gegensatz zu den Stoss-Bohrmaschinen, die das Material zu Staub reduzieren, handelt es sich nicht um Zertrümmern, sondern um Herausbrechen; es ist dies eine sehr gewaltsame Arbeit! In einer einzigen Bohrmaschine wird eine Kraft von zirka 25 HP entwickelt; es werden in einem Stollen 3 bis 4 Bohrmaschinen in Betrieb gesetzt, — wir arbeiten auf der Nordseite mit drei, auf der Südseite mit vier solchen Maschinen — und diese Bohrmaschinen sind aufgestellt auf der Spannsäule, auf einem Rohr, das zwischen die Stollenwände gepresst wird. Dieses Rohr bildet den nötigen Rückhalt; es muss den Gesamtdruck der 3 oder 4 Bohrmaschinen, also 30 bis 40,000 Kilo aufnehmen. Die Bohrmaschinen sind mit der Spannsäule auf einem Wagen montiert, dieser ist fahrbar, und selbstverständlich muss jeweilen der ganze Apparat zurückgezogen werden, wenn es zur Sprengung geht. Derselbe ist ziemlich schwer, es braucht eine gehörige Anzahl Leute, jeweilen die ganze Mannschaft, um den Bohrwagen mit seiner Ladung hinwegzuführen. Die Bohrmaschinen sollen per Umdrehung mindestens einen Centimeter Fortschritt bringen; wenn das nicht der Fall ist, so kann man sagen, die Bohrmaschine dreht

unnütz und beisst sich die Zähne für nichts aus. Sobald dieser Fortschritt nicht mehr da ist, wird der Bohrer ausgewechselt; hartes Gestein erfordert diese Auswechslung sehr häufig. In solchem brauchten wir per Attacke, d. h. bis wir wieder in der Lage sind zu schiessen, bis zu 120 und 150 Bohrer. Mit dem besten Stahl und mit der besten Behandlung desselben ist es nicht möglich, im harten Fels mehr als zehn bis fünfzehn Centimeter zu machen. Die Bohrzeit beträgt je nach der Härte 40 Minuten bis 1 Stunde, aber auch  $1\frac{1}{2}$ , 2 Stunden, ja bis zu 3 Stunden haben wir in hartem Gestein gebraucht; *eine* solche Bohrmaschine muss per Attacke 3 oder 4 Löcher machen, je nach dem Gestein; hartes, zähes Gestein braucht viele Löcher. Man macht per Tag je nachdem 4 bis 6, ja bis 7 Attacken und in jeder derselben legt man 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Meter zu Boden.

Von allen diesen Faktoren hängt der Fortschritt ab. Wir hatten Tage mit hartem Gestein, wo wir weniger als 4 Meter machen konnten und Tage in ganz günstigem Gestein, wo wir 9 Meter machten. Die ausgiebigste Woche, die wir je gehabt haben, zeigte einen Fortschritt von 63 Metern in 7 Tagen, genau 9 Meter täglich. Nachher werden wir den durchschnittlichen Fortschritt sehen!

Zum Betriebe dieser Bohrmaschinen braucht es nun komprimiertes Wasser und dieses wird draussen auf der Installation erzeugt. Wir sehen auf Tafel 6 die Compressionsmaschinen dargestellt. In diesen ziemlich einfachen Pumpen wird das Wasser auf 80 bis 120 Atmosphären komprimiert und geht dann durch entsprechend starke Rohrleitungen bis vor Ort, heute mehr als 10 Kilometer weit. Wir müssen selbstverständlich diese Rohrleitungen erstens stark genug und zweitens gross genug



Tafel 11: Querprofile.

machen, das letztere, damit nicht alles in Reibung aufgeht. Wir haben heute noch bei einem ursprünglichen Druck von 100 Atmosphären 70 bis 80 Atmosphären auf 10 km Distanz. Dafür mussten allerdings 2 Rohrleitungen angelegt werden, die in den letzten 5 km 120 mm Diam. messen. Die Kompressoren werden angetrieben direkt durch Turbinen. Wir haben auf jeder Seite drei grosse Kompressorengruppen von je 4 Pumpen und diese drei Gruppen absorbieren über 1000 HP. Wir brauchen das komprimierte Wasser nämlich nicht nur für die Bohrmaschinen, sondern für alle möglichen Zwecke im Tunnel, vor allem zum Antrieb für alle möglichen Pumpen mittelst Strahlgebläse, für die Stollenventilation u. s. w. Das Wasser ist das grosse Agens, mit welchem wir den Tunnel bauen.

Der durchschnittliche tägliche Fortschritt, den wir auf der Nordseite, die in relativ normalen Verhältnissen gearbeitet hat, erreicht haben, alles ineinander gerechnet, auch die verlorenen Tage, vom ersten Tage der mechanischen Bohrung an, November 1898, bis wir die Mitte erreichten, September 1903, beträgt 5,52 Meter; wenn wir bloss die Tage mit Fortschritt, also nur die Bohrtage rechnen, haben wir einen Fortschritt von 5,92 Metern. Auf der Südseite dagegen haben wir weniger günstige Fortschritte zu verzeichnen, weil wir ungünstiges Gestein antrafen. Ich werde später noch darauf zu sprechen kommen. Wir hatten sehr ungünstige Schichtung des Gesteins, abgesehen von der Härte, und diese Schichtung kommt in der Sprengwirkung ausserordentlich in Betracht.

Sehr wichtig ist nun, abgesehen von der Bohrung, von der man vielleicht sagen kann, sie habe vorläufig ihre höchste Vollendung erreicht, die sogenannte *Schutterung*. Sämtliches durch die Schüsse niedergestrecktes Material

muss natürlich weggeschafft werden. Das Material liegt in vielen Kubikmetern in einem sehr kleinen Raum, und es gehört ein ausserordentliches Raffinement und eine scharfe Arbeitsteilung dazu, um dieses Material in kurzer Zeit wegzuschaffen. (Taf. 7 und 8.)

Rasche Schutterung, das ist das grosse Problem, das die Tunnelbauer seit Jahren beschäftigt, und keine unbedeutende Aufgabe ist es in der Tat, mittelst mechanischer Schutterung die Sache so einzurichten, dass man den Schutt wieder bald wegbekommt. Da sind schon unglaublich viele Versuche gemacht worden. Auch wir haben geglaubt, eine mechanische Schutterung gefunden zu haben, und im Prinzip hatten wir sie auch gefunden, indem wir das Material mit einem hydraulischen Strahl im Moment der Sprengung von Ort wegfegen wollten, was uns auch gelungen wäre, wenn wir nicht allzu grosse Reibungsverluste in der Leitung gehabt hätten. Es hat sich herausgestellt, dass das Moment, das nötig ist, um diese Gesteinsmassen in der Zeit von zirka 1 $\frac{1}{2}$  Minuten — denn länger geht die Sprengung nicht — zurückzutreiben, grösser ist als die verfügbare Kraft. Es war zu schwierig, die Kraftmittel nahe genug an die Stollenbrust zu bringen, und ein zu grosser Teil des Druckes hat sich durch Reibung aufgeessen.

Die Unternehmung, die den Rickentunnel ausführt, glaubt eine Lösung gefunden zu haben, und wir sind wirklich sehr gespannt, wie die Versuche ausfallen werden, die sie im Sinne hat auszuführen. Wir haben unsere Zweifel, würden es aber begrüessen, wenn es einer Unternehmung gelingen würde, diese kolossal komplizierte Frage zu lösen.

Die Arbeit der Bohrmaschinen geht nun Tag und Nacht vor sich, jahraus, jahrein, mit Ausnahme der aller-



Tafel 12: Ausweitung von Stollen I.

höchsten Festtage; wir geben deren nur zwei zu im Jahre, und mit Ausnahme dieser und der Absteckungen, die auch zwei Tage per Jahr beanspruchen, ist seit dem Jahre 1898 am Simplon ununterbrochen gebohrt worden.

Es handelt sich nun darum, vom Stollen aus den Tunnel auszuweiten, und da kann man verschieden vorgehen. Von dem Sohlstollen aus geht man in die Höhe nach der alten Methode, und dann, wenn man in der Höhe angekommen ist, vorwärts und rückwärts (Beilage 3). Diese sämtlichen Ausweitungsarbeiten macht man bis jetzt von Hand und nicht mit der Bohrmaschine. Mit ihr können sie unter Umständen gemacht werden, wenn die Kosten nicht zu hoch werden. Dann geht man zuerst oben, nachher unten in die Breite, wie es in Beilage 3 dargestellt ist, unten die Sohlstollen, oben die Firststollen und diese Firststollen kommen schliesslich zusammen (Taf. 9). Alle 200 Meter wird der Tunnel I mit dem Stollen II durch einen Querschlag verbunden. (Taf. 10.) Diese Traversen dienen uns wesentlich für die Ventilation; aber namentlich auch für den Transport. Mit dem Stollen ist vom ganzen Tunnel zirka  $\frac{1}{5}$  des Profils ausgebrochen (Tafel 11), die andern  $\frac{4}{5}$  werden ausgebrochen, wie eben beschrieben; die Art des Vorgehens richtet sich nach dem Gestein, nach der Schichtung, die bei uns jetzt meistens horizontal ist. Wir gehen deshalb nicht mehr mit den beschriebenen Aufbrüchen vorwärts, sondern treiben den sogenannten Schlitz, d. h. wir schlitzten den Stollen direkt hinauf bis in die Firste und breiten nach und nach aus. (Taf. 12.)

Nun ist es zu verstehen, warum sich alles Interesse auf einen raschen Fortschritt richtet. Es handelt sich darum, möglichst viele Angriffspunkte, möglichst vielen Arbeitern Platz zur Arbeit zu schaffen. Das ist in einem

schmalen Tunnel nur in der Längsrichtung möglich, weil ja der Tunnel eigentlich nur *eine* Dimension hat. Vergewärtigen wir uns im Gegensatz zu diesem Vorgehen ein solches, wo das ganze Tunnelprofil in einem Mal in der Front angegriffen würde, wo also als ganze Angriffsfläche zirka 30 Quadratmeter zur Verfügung stünden. Mehr als einen Mann per Quadratmeter können wir kaum aufstellen, das würde somit 30 Mann ausmachen, während beim Vorgehen mittelst Stollen am Simplon 500 und noch mehr Mann zugleich am Tunnel Hand anlegen können. Die Erfahrung hat denn auch gezeigt, dass man mit einer guten Organisation imstande ist, in Vollaussbruch und Mauerung jede Leistung zu bewältigen, respektive einen mindestens ebenso grossen Fortschritt zu machen, als die Bohrmaschinen vor Ort es vermögen.

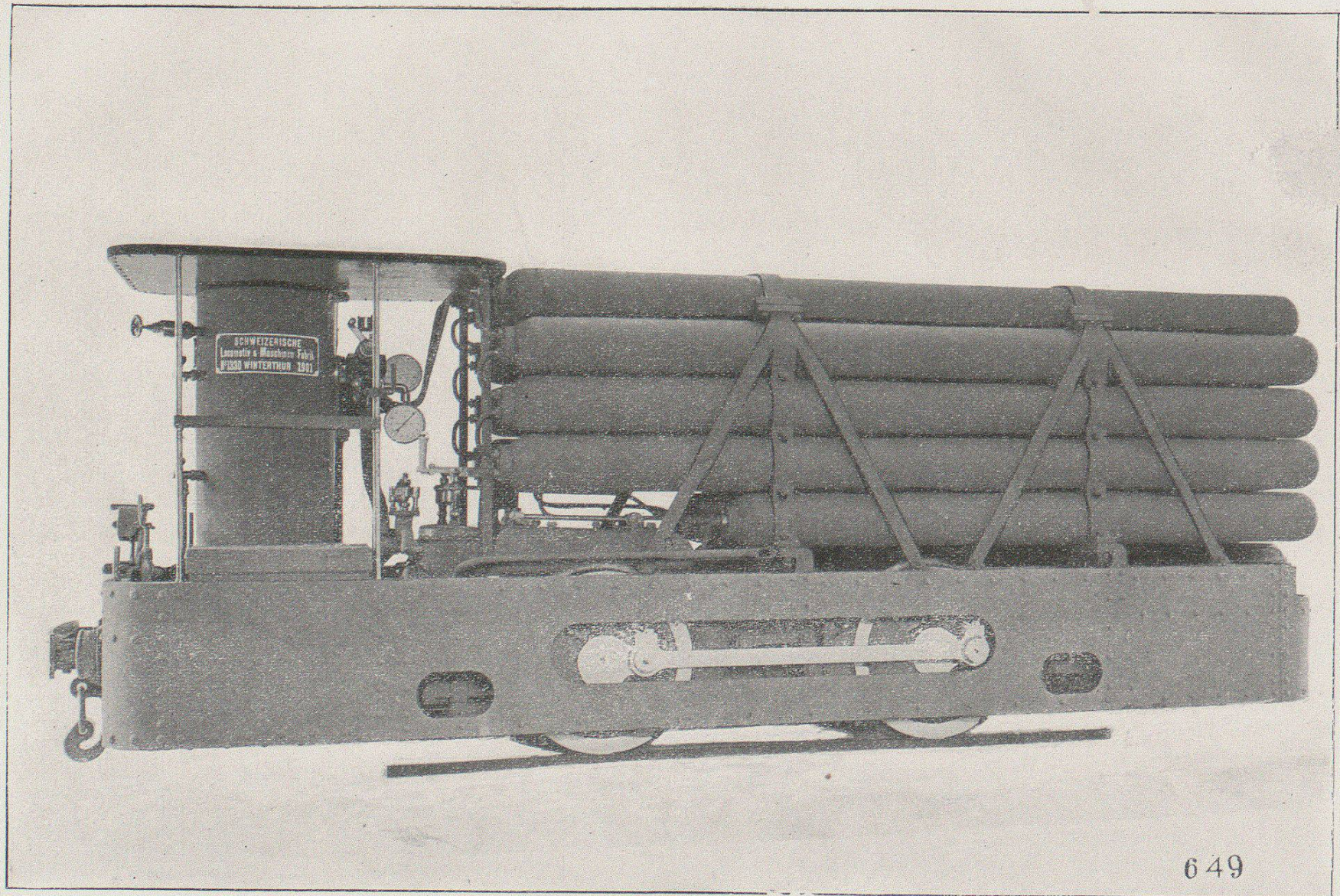
Wenn wir in Gedanken einen Spaziergang vom Vorort durch die Baustrecke machen bis zu dem Punkte, wo wir den fertigen Tunnel erreichen, so sehen wir den Tunnel in allen Stadien der Vollendung, vom primitiven Stollen bis zum fertig ausgemauerten Tunnel.

Mit Rücksicht darauf, dass die einzelnen Arbeitsgruppen einander nicht in den Weg kommen, dass namentlich die Transporte sich ohne grosse Störungen vollziehen, dass die Sprengungen der einen Partie die andern nicht zum Verlassen des Platzes zwingen etc., zieht sich die Baustrecke in der Regel auf 1 bis 1½ Kilometer hin — sukzessiv, sozusagen jeden Tag etwas vorrückend.

Man wird fragen: Ja, warum arbeitet man denn im Vollaussbruch nicht mit Maschinen? Diese Frage ist im wesentlichen eine Frage der Kosten. In sehr vielen Fällen würde Maschinenbohrung teurer kommen als Handbohrarbeit, weil sich die letztere den oft sehr veränderlichen



Tafel 13: Fertige Ausmauerung der First und Lehrbögen.



649

Tafel 14: Luftlokomotive.

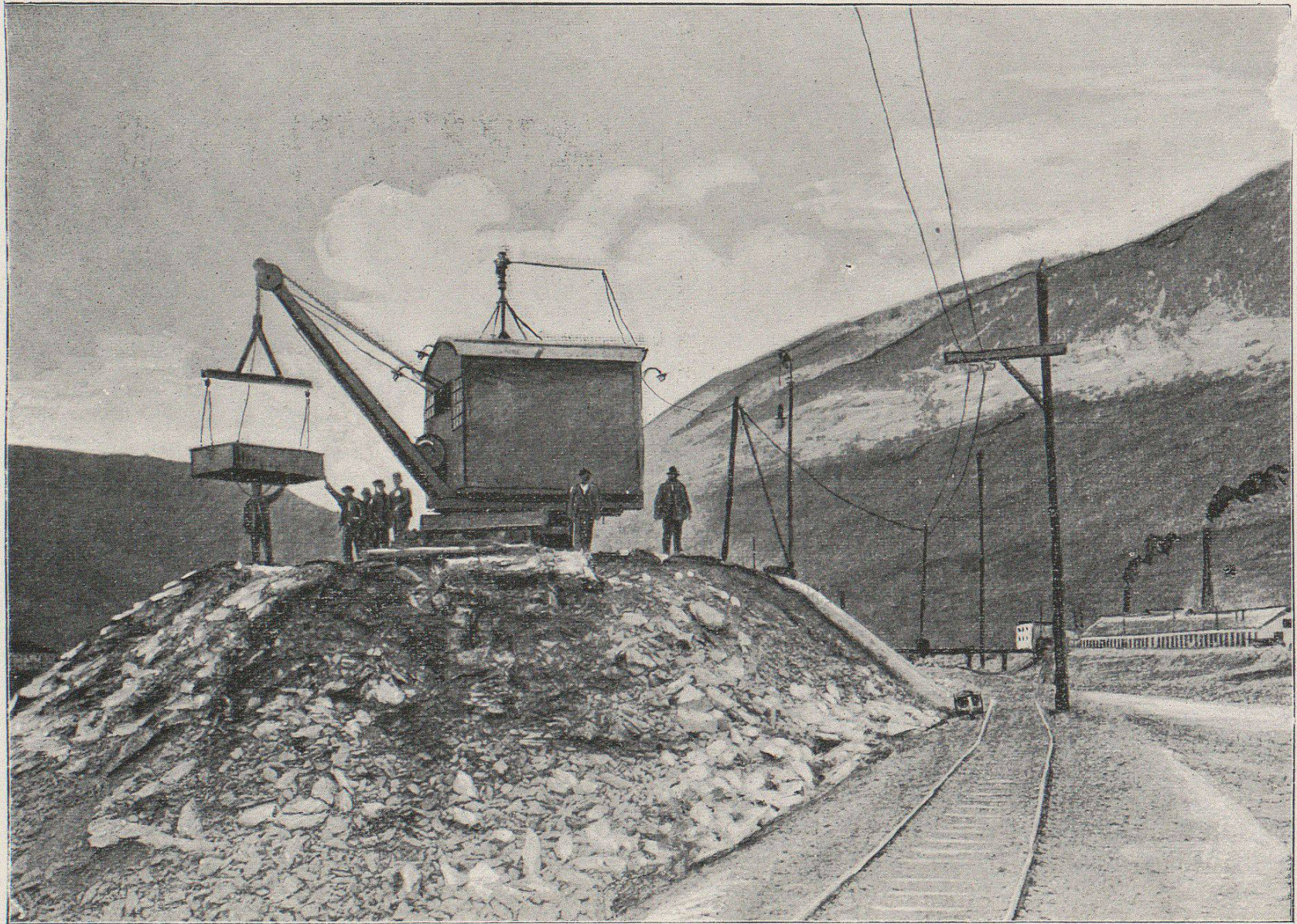
Verhältnissen im Tunnel, z. B. drückenden Strecken etc., besser anpassen kann. Am Simplon lagen die Verhältnisse so, dass wir meistens konvenierend fanden, die Maschinenbohrung auf die Stollen zu beschränken. Der Albulatunnel ist dagegen in dem letzten Jahr seines Ausbaues fast vollständig mit der Bohrmaschine vollendet worden.

Was nun die *Ausmauerung* (Taf. 11 und 13) anbetrifft, so ist zu sagen, und darüber wundert man sich in der Regel, dass der Tunnel in seiner ganzen Länge ausgemauert wird, nicht etwa deshalb, weil es überall ein Gewölbe braucht, um das Gebirge zu tragen, sondern aus dem einfachen Grunde, weil bei jeder Sprengarbeit einzelne Stücke lose werden, die im Moment der Arbeiten nicht herunterfallen, von denen man aber befürchten muss, dass sie zu irgend einer Zeit fallen werden. Das darf man nicht riskieren. Man beugt diesen Eventualitäten aus Betriebssicherheitsgründen vor. Da, wo das Gebirge fest genug ist, macht man einfach eine Ausmantelung, mit einer möglichst dünnen Mauer, das Minimum derselben beträgt im Simplon 35 cm Dicke. Wo das Gebirge nicht fest ist, wo eventuell Druck zu erwarten ist, werden die Mauerprofile selbstverständlich stärker ausgeführt; und weil es viele Strecken giebt, in denen das Gebirge derart drückt, dass die beiden Widerlager zusammengedrückt würden, wird oft Sohlengewölbe gemacht, das die Widerlager stützen soll. Dasselbe müssen wir je nachdem in gewissem Gestein auch im zweiten Stollen machen (Tafel 11).

Im grossen und ganzen hat das Gebirge in den ersten Kilometern auf Nord- und Südseite günstig gestanden. Wir sind mit den kleinsten Ausmauerungsprofilen ausgekommen. Es ist erst in den innern Partien schlechter

geworden. Es kommt selbstverständlich bei dieser ganzen Frage der Druck des überlagernden Gebirges ausserordentlich in Betracht. Wenn der Tunnel durch ein relativ wenig festes Gebirge geht, hat man immer zu gewärtigen, dass die enorme Belastung durch die Überlagerung die Festigkeit dieses Gebirges überwiegt und dieses künstlich gestützt werden muss.

Ich muss nun im Anschluss an das Gesagte einiges mitteilen über die *Transportfrage*, eine im Tunnelbau ausserordentlich wichtige und schwierige Frage. Nehmen wir einen täglichen einseitigen Fortschritt des ganzen Tunnelprofils von 7 Meter an, so handelt es sich um die Abführung von zirka  $30 \times 7 = 210$  cbm ausgebrochenen Gesteins, sogenannten Tunnelschuttes. Das repräsentiert mindestens eine ebenso grosse Anzahl von Tunnelwagen vollgeladen. Dazu kommt der Transport der Baumaterialien, Mauersteine, Sand, Kalk, Zement, Holz etc., die hineingeführt werden müssen. Auf jeder Seite des Tunnels sind zirka 300 Transportwagen im Dienst, und der tägliche Wagenverkehr beträgt bei normalem Betrieb zirka 510 bis 560 einfahrende und ebenso viele ausfahrende Wagen. Und das alles in einem so engen Schlauch, wie ein eingleisiger Tunnel es ist. Der Verkehr spielt sich nun folgendermassen ab: Nach einem ganz genauen Fahrplan gehen in erster Linie von der Installation her durch den fertig gebauten Tunnel Züge, die mittelst Dampflokomotiven vorwärts bewegt werden; es sind dies Lokomotiven von 16 Tonnen Gewicht, welche unsere Züge zu befördern imstande sind. Sie sind so gebaut, dass sie eine grosse Heisswasser- und Dampfreserve haben, damit sie möglichst wenig Rauch entwickeln müssen. Uebrigens wäre dieser Rauch nicht sehr schädlich, da die Luft, wie ich später beschreiben



Tafel 15: Abladen eines Schuttwagens.

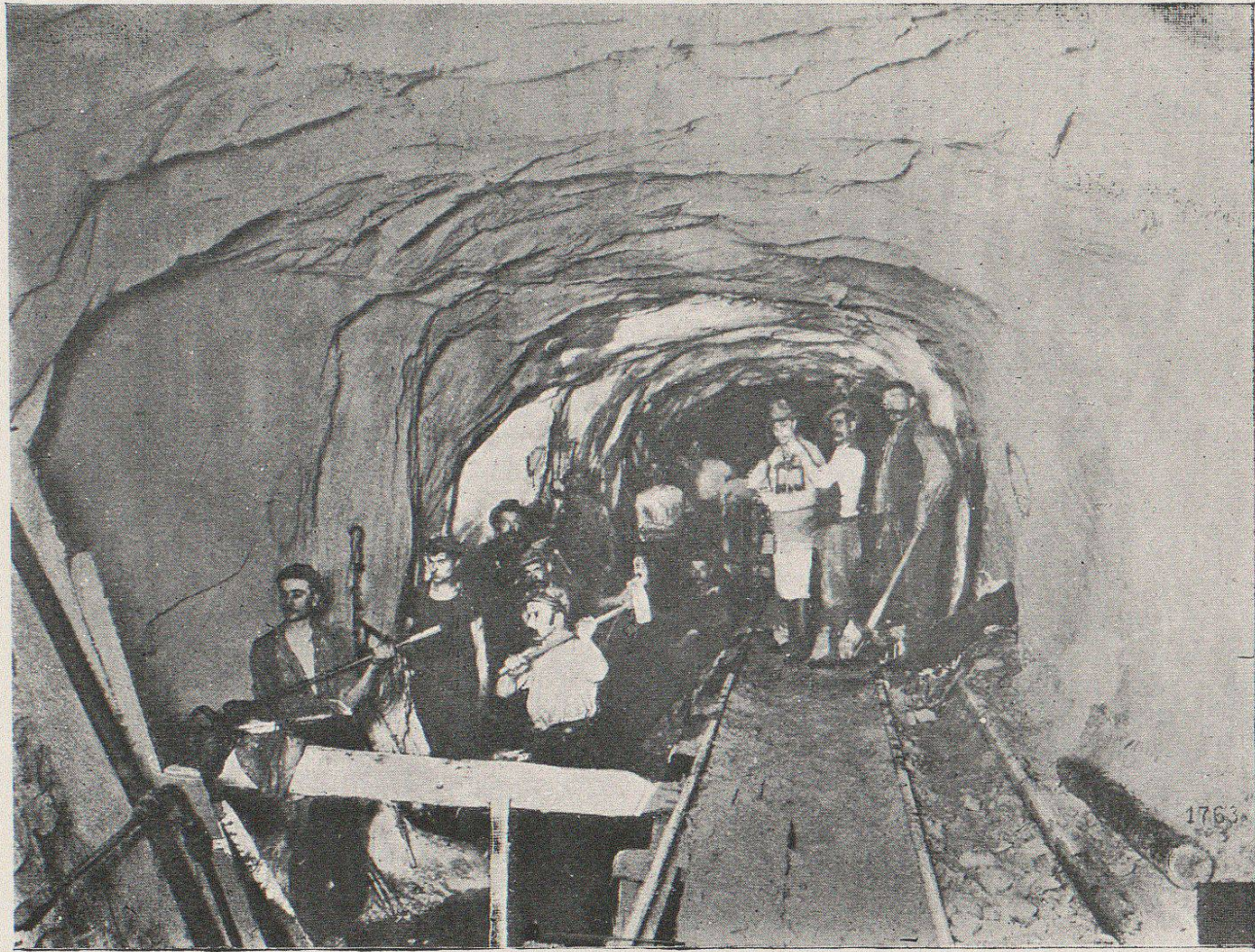
werde, im fertigen Tunnel auszieht, also keine Arbeitsstrecke bestreicht. In dem letzten Teil der fertigen Strecke haben wir dann die sogenannte Tunnelstation. Da sind zwei Geleise, Dienstgeleise selbstverständlich. Die Wagen werden rangiert, und von da weg geht nun der Verkehr getrennt. Die Wagen, welche für den Ausbau des Tunnel I dienen, gehen weiter im Tunnel I. Die Wagen für den Vortrieb der Stollen gehen von Tunnel I durch die Traversen in Tunnel II und der ganze Verkehr geht neben Tunnel I vorbei und entlastet denselben wesentlich, einer der grossen Vorzüge unserer Baumethode. Von der Tunnelstation an machen Luftlokomotiven (Tafel 14) den Dienst; dieselben haben ungefähr die halbe Leistungsfähigkeit der Dampflokomotiven und werden mittelst hoch komprimierter Luft von zirka 80 Atmosphären Druck angetrieben. Sie werden in der Tunnelstation von einer Leitung aus gespiesen, die von der Installation her dahin geführt ist. Draussen in der Installation stehen die betreffenden Kompressoren, drei an der Zahl. Diese Luftlokomotiven sind sehr kompendiös gebaut, so dass sie überall, auch in den engsten Stellen der Arbeitsstrecke durchkommen. Sie fassen in einem Rohrbündel sogenannter Mannesmann-Röhren, ähnlich den bekannten Kohlensäureflaschen, komprimierte Luft für mehrere Stunden Dienst. Um zu verhindern, dass bei der Expansion der Luft Kälte erzeugt wird, die schliesslich zu schädlichen Eisbildungen führen könnte, passiert die Luft vor der Arbeit eine sogenannte Bouillotte zur Erwärmung. Auf diese Weise setzen wir die Energie der Rhone in eine billige Traktionskraft um, wobei zugleich der Vorteil besteht, dass geringere Luftverunreinigung entsteht.

Man wird vielleicht fragen: Ja, warum denn nicht

im Zeitalter der Elektrizität elektrische Traktion? Wir haben nicht unterlassen, diese Frage zu studieren, haben aber gefunden, dass vieles im Tunnel dagegen spricht: Einmal die grosse Feuchtigkeit und das unvermeidliche Tropfen, wodurch leicht Kurzschluss entsteht, dann aber namentlich die Gefährdungen, denen jede fixe Einrichtung ausgesetzt ist, infolge der Sprengungen und der ewigen Veränderungen. Lediglich Akkumulatoren-Lokomotiven hätten in Betracht kommen können; dieser Betrieb aber ist zu teuer.

Neu und beim Tunnelbau wohl zum ersten Mal angewendet ist die Art der Abladung der Schuttwagen draussen (Taf. 15). Dieselben werden nämlich nicht nach bisheriger Art von Hand abgeladen oder gekippt, sondern sie werden mechanisch entleert, indem bei den einen das eigentliche Gefäss vom Wagengestell gehoben, aufgehängt und umgeschüttet wird, bei den andern der ganze Wagen in die Höhe gehoben und durch Schrägstellen entleert wird. Es ist dies geschehen, um Handarbeit zu ersparen. Wir haben zweierlei Wagen: Für den Vollaussbruch haben wir ziemlich breite, und für den engen Stollen in die Länge gezogene, schmale Wagen; beide Arten haben ungefähr die gleiche Kapazität. Die Entladung geschieht mittelst eines elektrischen Krahn.

Wir kommen nun zur Besprechung der *Lüftung* der Arbeitsstellen. Es ist bereits angedeutet worden, dass der Parallelstollen als Luft-Zuführungsrohr dient. Der Fall, dass man durch ein derartig gestaltetes Rohr auf grosse Distanzen, in unserem Fall bis zu 10 Kilometern und eventuell mehr, grosse Quantitäten Luft bläst, war noch nie vorgekommen. Versuchszahlen waren keine zur Verfügung, lediglich unsere eigenen Versuche am Arlberg mit einem eisernen Rohr. Namentlich schwierig



Tafel 16: Kanalausbruch in Stollen II.

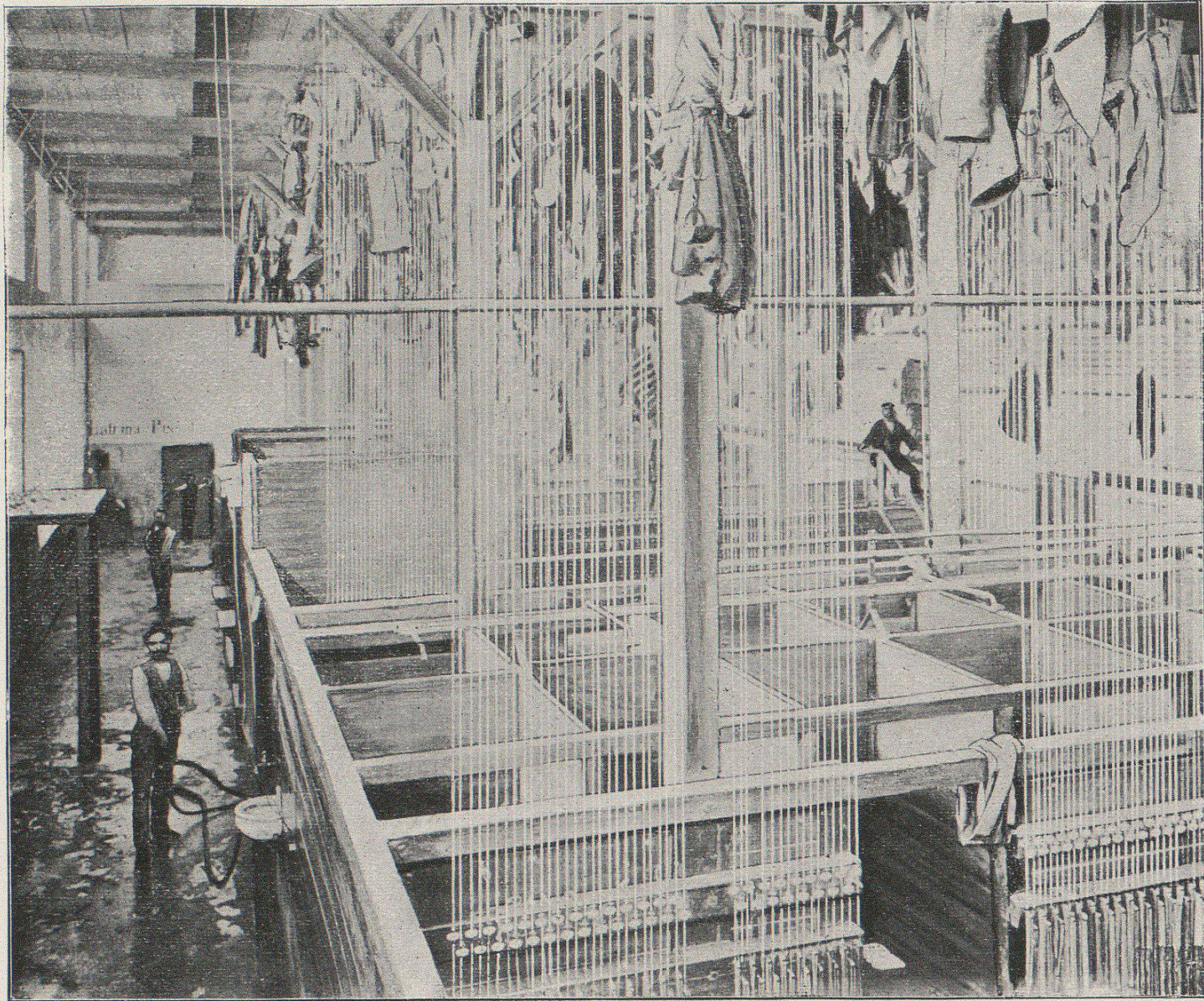
war es, für ein Rohr mit so rohen Wänden den Reibungs-Koeffizienten zu bestimmen, denn der zweite Stollen ist zum grössten Teil einfach aus dem Felsen ausgesprengt ohne weitere Verkleidung. Die entgegenstehende Reibung wird durch einen entsprechenden Kraftaufwand überwunden; man muss der Luft einen gewissen Druck geben. Wir hatten diesen unter Anwendung eines ungünstigen Reibungs-Koeffizienten auf 500 mm Wassersäule angenommen bei einer Luftgeschwindigkeit im Stollen von zirka 4 m per Sekunde. Die Erfahrung hat uns nun gelehrt, dass wir sehr sicher gerechnet haben, indem wir heute bei mehr als 10 Kilometer Stollen mit einem Druck von 270 mm Wassersäule auskommen. Die Luft wird gefördert und der nötige Druck erzeugt durch Zentrifugal-Ventilatoren (Beilage 4). Es sind deren zwei, jeder ist imstande, zirka 30 cbm Luft per Sekunde von 270 mm Druck zu geben, und jeder hat direkten Antrieb durch eine Turbine von 250 HP. Einer hat bis jetzt immer gereicht, der andere dient als Reserve. Damit immer beide betriebsfähig sind, wird alle 24 Stunden abgewechselt. Wenn es nötig gewesen wäre, hätten sie, was man heisst, auf Druck gekuppelt werden können, um den doppelten Druck zu erzeugen. Sie können aber auch auf Quantum gekuppelt werden und geben alsdann zusammen 50 bis 60 cbm Luft per Sekunde.

Von den Ventilatoren weg wird die Luft durch einen Kanal zum Stollen II geführt und wird nun durch diesen nach hinten getrieben. Ein bestimmter Kubikmeter Luft, der in diesem Moment in den Stollen II eintritt, ist in zirka 40 Minuten hinten angelangt. Es ist nun klar, dass wir die Luft nur dann zwingen können, durch den ganzen Stollen zu ziehen, wenn wir unterwegs sämtliche Querstollen zuschliessen, denn sonst geht

die Luft nach einem bekannten Naturgesetz auf dem kürzesten Weg durch Tunnel I wieder ins Freie hinaus. In der Tat sind denn auch sämtliche Querstollen vermauert und haben nur die nötige Oeffnung, um allfälliges Wasser aus Tunnel I nach II durchzulassen. Wir wollen den grossen Teil der Luft zwingen, nicht früher in I überzutreten, als bis zum hintersten Querschlag; denn dort erst hat sie für uns Wert, weil sie nun auswärts ziehend durch die Arbeitsstrecken geht und diese lüftet, um alsdann schon wesentlich verunreinigt durch die Tunnelstation und von dieser aus durch den fertigen Tunnel auszuziehen.

Wo es nötig ist, die Querstollen offen zu lassen wegen des Verkehrs zwischen I und II, sind diese durch möglichst dicht schliessende Holztüren verschlossen, die jeweilen nur aufgemacht werden, wenn ein Transport oder Personen durchgehen. Sofort stürzt sich die Luft natürlich durch diese Oeffnung, und in diesem Moment stockt der Luftstrom zu hinterst; das bringt aber keinen Nachteil, sobald diese Stockungen nicht zu lange dauern. Man hat nun noch darauf zu achten, dass sich in den Baustrecken keine verlorenen Winkel finden, die vom Luftstrom nicht bestrichen werden. Die Lüftung ist so gut, dass selbst starker Dynamitrauch sich in Bälde verzieht und dass der Schrecken aller Minenarbeiter, der Lampenruss, bis zur vollständigen Unschädlichkeit verdünnt wird. Wir dürfen ruhig behaupten, dass wegen Luftmangel und schlechter Luft noch keiner im Tunnel Schaden gelitten hat, eines der Hauptmomente für den ausserordentlich befriedigenden Gesundheitszustand der Tunnelarbeiter am Simplon.

Es ist in dem Gesagten eine Lücke, indem selbstverständlich der grosse Luftzug durch die letzte Traverse



Tafel 17: Bade- und Kleidertrockenraum.

von II in I geht und dann nach auswärts zieht. Die Orte kann er nicht lüften. Um auch sie zu lüften, mussten wir hier wieder die alte Ventilationsmethode anwenden mittelst Rohrleitungen; wir erfassen mittelst derselben und Strahlgebläsen die frische Luft, und wir treiben sie zu den Bohrmaschinen, damit jeder Ort genügend frische Luft hat. Wir hatten darauf gerechnet, dass wir mit einem Durchschnitt von  $\frac{1}{2}$  cbm per Sekunde für die relativ wenigen Leute leicht auskommen würden, wir haben aber bei den heutigen Temperaturverhältnissen dieses Quantum nicht nur verdoppeln, sondern versechsfachen müssen, denn ohne eine sehr starke Lufterneuerung wäre es einfach unmöglich gewesen, die anstrengende Arbeit der Schutterung dort zu machen. Wir haben auf diese Weise die Luft vor Ort auch heute noch bei den höchsten Temperaturen mit einer Temperatur von  $25^{\circ}$ , wodurch sie eben zugleich zur Kühlung mitwirkt.

Es ist klar, dass die durch Stollen II einströmende Luft sich auf ihrem Weg in Bezug auf Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt verändert. Was den letztern anbetrifft, so ist eben zu sagen, dass ein grosser Teil des Gesteins feucht ist und zum Teil Wasser führt; auch führt durch II der Wasserablaufkanal. (Taf. 16.) Die Luft, die daran vorbeistreift, wird so viel als gesättigt. In Bezug auf die Temperatur ist zu beachten, dass schon vom 6. Kilometer an auf der Nordseite die Gesteinstemperatur  $40^{\circ}$  C. erreichte und beim 8. Kilometer bereits  $55^{\circ}$  C. betrug. Wir hatten aber darauf gerechnet, dass der starke konstante Luftstrom die Stollenwände des Stollens II nach und nach abkühle und haben uns darin nicht getäuscht. Die Abkühlung ist sogar eine sehr merkliche. Wir hatten beispielsweise bei Kilometer 7 eine Anfangstemperatur des Gesteins von  $48^{\circ}$ . Das war im April 1902.

Im März 1903 war die Gesteinstemperatur auf  $28^{\circ}$  hinunter gebracht. Es kommen dabei auch die Unterschiede der Aussentemperatur der Luft im Winter und Sommer in Betracht. Immerhin lehrt die Erfahrung, dass diese ihre Wirkung nur in beschränktem Mass ausüben, und dass ungefähr bei Kilometer 8 im Winter und Sommer die einziehende Luft dieselbe Temperatur hat. Sie käme uns heute bei Kilometer 10 mit  $27^{\circ}$  an, wenn nicht das heisse Wasser die Temperatur erhöhte.

Lange Zeit, das heisst bis zum Frühling 1902, also während  $3\frac{1}{2}$  Jahren hat der blosse Luftzug genügt, um in den Arbeitsstellen erträgliche Temperaturen zu haben. Als aber die Lufttemperatur in denselben  $27^{\circ}$  überstieg, war ein Nachlassen der Leistungsfähigkeit der Arbeiter zu bemerken. Es war höchste Zeit, dass wir mit einem weitem Sukkurs, mit der *Kühlung* mittelst kalten Wassers, zu Hülfe kommen konnten. Da wir angenommen hatten, dass die Temperatur des Gesteins erheblich höher steigen könnte, als geschätzt wurde — nämlich 40 bis Maximum 42 Grade —, hatten wir uns entschlossen, die Kühlung viel stärker zu machen als ursprünglich in Aussicht genommen war. Wir hatten die Einrichtungen verdoppelt; anstatt 40 Liter per Sekunde können 80 Liter kalten Wassers in den Berg hineingepumpt werden und wir können sagen, dass wir heute keinen Liter zu viel haben. Da das Kühlwasser bei seiner Verwendungsstelle keinen grossen Druck braucht, bedienen wir uns zu seiner Förderung der sogenannten Hochdruck-Zentrifugalpumpen, deren zwei hintereinandcr geschaltet sind, um gemeinsam einen Druck von bis zu 40 Atmosphären zu erzeugen. Die Zentrifugalpumpen sind direkt durch Turbinen angetrieben, machen zirka 1100 Touren per Minute, absorbieren jede zirka 250 Pferdekräfte und liefern das bereits



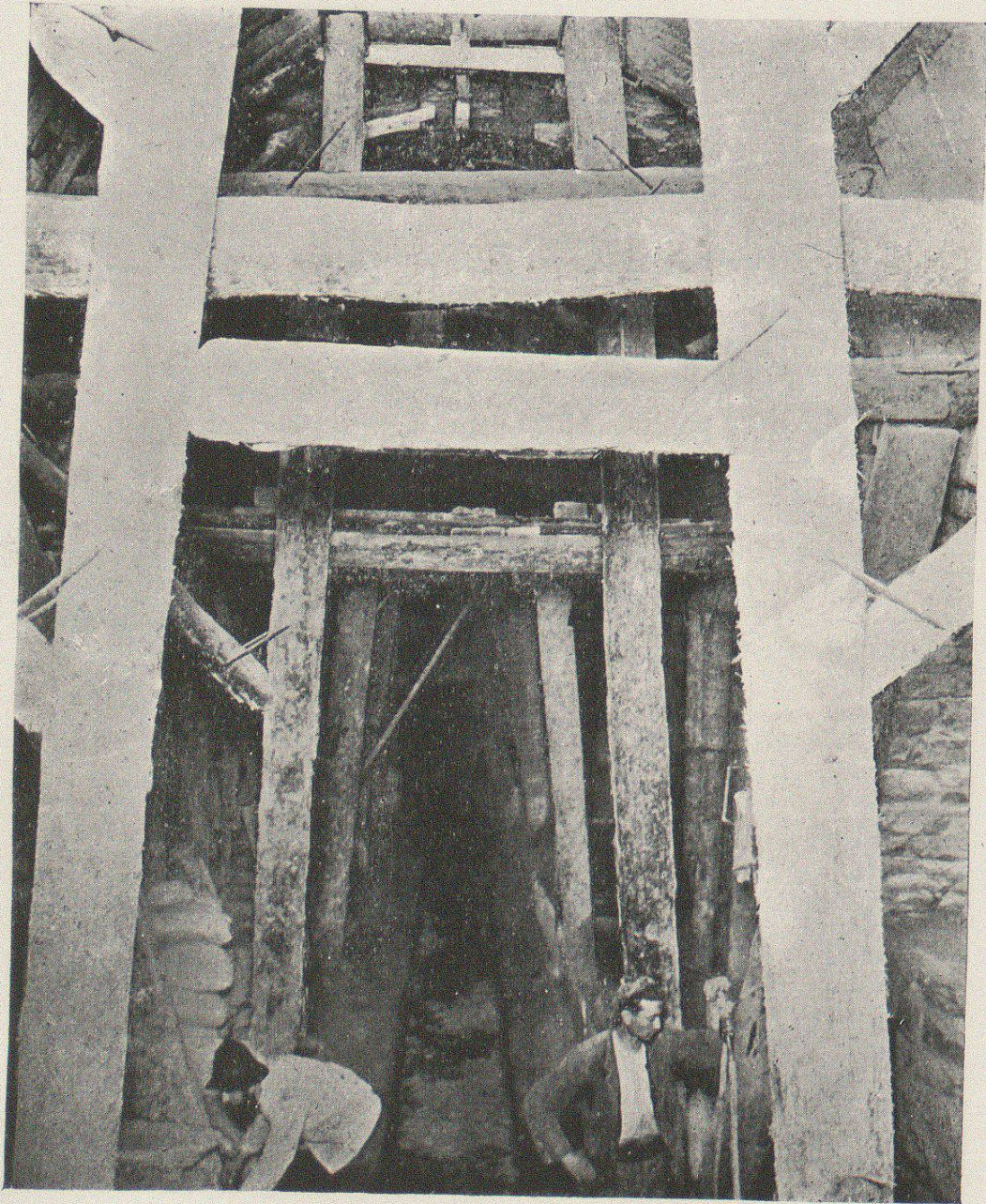
Tafel 18: Einbau im Firststollen.

genannte Quantum von bis zu 80 Litern per Sekunde. Die Kühlwasserleitung hat 250 mm Lichtweite, die Geschwindigkeit des Wassers ist also eine ziemlich hohe, weshalb denn auch die Reibungsverluste relativ gross sind. Auf Kosten der Kraft ist hier an den Kosten gespart worden. Je nach dem Mass der Abzapfung ist der Enddruck 10 bis 15 Atmosphären, also noch reichlich, um eine gründliche Zerstäubung des Wassers zu Stande zu bringen. Eine solche ist natürlich notwendig, wenn der Wärmeaustausch intensiv sein soll, und darauf müssen wir ausgehen.

Bevor ich aber davon weiter spreche, will ich noch etwas von der *Leitung* sagen. Hauptbedingung für einen guten Effekt der ganzen Kühlwasser-Einrichtung ist eine sorgfältige Isolierung der jetzt 10 km langen Leitung gegen die im Stollen II herrschende Wärme. Es ist klar, dass das Wasser in dieser Leitung, wenn nicht isoliert, auf seinem Weg die Wärme der Stollenluft respektive des umgebenden Gesteins angenommen hätte. Es handelt sich für die Kühlung darum, ein möglichst grosses Temperaturgefälle herzustellen. Als bestes Isoliermittel fanden wir die sogenannte Blätterkohle, zerkleinerte Holzkohle, die in einer Schicht von 50 mm Dicke um das Rohr gelegt ist und durch einen Blechmantel gehalten wird. Anstatt einer Erwärmung von 1° per Kilometer Leitung, auf die wir ursprünglich glaubten rechnen zu müssen, beträgt die Erwärmung per Kilometer nicht einmal  $\frac{1}{2}$ °, so dass sich das Wasser auf dem ganzen Weg nicht einmal um 5° erwärmt; das heisst, im Sommer haben wir am Ende der isolierten Leitung Wasser von zirka 15°, im Winter sogar Wasser von 5 bis 6°.

Die Verwendung dieses Wassers ist nun die folgende:

An einer Stelle des Stollens I, an der kein Wagenverkehr stattfindet, liegt am Boden ein Röhrensystem mit einigen Dutzend nach oben gerichteten Streudüsen. Das Wasser, das unter dem nötigen Druck austritt, wird fein zerstäubt und dieser Wasserstaub füllt das ganze Profil des Stollens aus. Die Luft muss gezwungener Massen diese Strecke passieren und giebt nun ihre Wärme an das Wasser ab; ihre Temperatur sinkt beispielsweise von 28 bis 15° und die so erfrischte Luft zieht durch die Arbeitsstrecken. Es findet aber noch etwas anderes statt, was mindestens so wichtig ist: Durch die Abkühlung wird ein Teil der Feuchtigkeit aus der Luft herausgefällt. Die noch in ihr enthaltene Feuchtigkeit entspricht der niederen Temperatur; erwärmt sich also die Luft wieder — und das tritt an den warmen Stollen- und Tunnelwänden ein — so wird die Luft relativ trocken. Sie wird sich zwar nach und nach wieder sättigen, aber gänzlich erst, nachdem sie die Arbeitsstrecke passiert hat. Wir haben also nicht nur kühle, sondern, was fast noch wichtiger, trockene Luft, welche die Verdunstung auf der Haut des Arbeiters ermöglicht und diesen dadurch frisch erhält. Damit allfällig mechanisch mitgerissenes Wasser die Feuchtigkeit nicht in schädlicher Weise erhöht, passiert die Luft unmittelbar nach den Brausen ein Labyrinth von Blechstreifen, einen sogenannten Wasserabscheider. Das Fazit entspricht vollständig unsern Erwartungen. Die dem Gestein entströmende Wärme ist dadurch besiegt, und wir haben die Verhältnisse in der Hand, allerdings dank dem Aufwand einer grossen Kraft. Ich bemerke noch, dass auch die Hochdruck-Wasserleitungen für den Bohrbetrieb isoliert sind und somit ebenfalls kühles Wasser liefern.



Tafel 19: Holzeinbau Tunnel I.

Aber auch auf andere Art wird das kühle Wasser verwendet. Es ist klar, dass die heisseste Partie des Tunnels der Vortriebstollen ist. Dort hat das Gebirge noch die ursprüngliche Wärme, eine Abkühlung hat noch nicht stattfinden können. Dort war auch in der Tat die Hitze am drückendsten. Es wird ihr dadurch begegnet, dass auf jener Strecke sowohl die Stollenwände, als das Luftrohr mit kaltem Wasser berieselt werden, und dadurch ist ein sehr erträglicher Zustand geschaffen. — Es giebt nur noch einen Feind, den wir schwer bewältigen können, es ist dies das *warme* Wasser, das wir seit einigen Monaten auf Nord- und Südseite, namentlich auf der ersteren getroffen haben. Darauf komme ich später noch zu sprechen.

Ich habe nun die Mittel auseinander gesetzt, die man braucht, um einen Tunnel wie den Simplon zu bauen: Vor allem braucht es einen grossen Kraftaufwand, um die mechanische Bohrung, welche eines der gewaltsamsten technischen Vorgehen verkörpert, zu betreiben. In zweiter Linie braucht es einen grossen Kraftaufwand für die nie unterbrochene Zuführung frischer Luft zu den Arbeitsstellen, für die Ventilation; in dritter Linie braucht es Kraft, um das Kühlwasser in die Tiefe des Berges zu treiben. Ventilation und Kühlung sollen den Arbeitern im Innern des Berges nicht nur das Leben ermöglichen und die Gesundheit erhalten, sondern die volle Entfaltung ihrer Arbeitskraft gestatten, denn diese sind das köstlichste Gut, was im Tunnel zur Verwendung kommt, und dieses Gut darf am wenigsten vergeudet werden. Es braucht aber auch Kraft für die vielen Strahlapparate, für eine grosse Anzahl Pumpen im Innern des Tunnels, die das Wasser jeweilen da entfernen sollen, wo es die Arbeit stört; es braucht Kraft,

die in komprimierte Luft umgesetzt wird, um die Transporte im Innern des Tunnels auszuführen; es braucht Kraft für das elektrische Licht, das nachts die Installationen draussen erhellt. Wenn wir uns alles das vergegenwärtigen, wird es uns nicht mehr wundern, dass zirka 2400 Pferdekkräfte Tag und Nacht, jahraus, jahrein von den Turbinen, die alles das betreiben, abgegeben werden müssen. Der moderne Tunnelbau ist ein typisches Beispiel dafür, wie der Mensch die Naturkräfte in seinen Dienst spannen muss, um grosse Werke der Zivilisation auszuführen und im Betrieb zu halten.

Ich habe erklärt, dass die am Simplon zur Anwendung gekommene Baumethode im wesentlichen das Ziel hat, dem Tunnelarbeiter seine Arbeit zu erleichtern, ihm seine Leistungsfähigkeit zu erhalten. Dazu müssen nun, abgesehen von dem bereits Ausgeführten, noch eine Reihe anderer Dinge mithelfen. Erstens eine nicht zu lange Arbeitszeit. Dieselbe beträgt acht Stunden netto. Der Tag ist in drei sogenannte Schichten eingeteilt, deren erste morgens um 6 Uhr, deren zweite mittags 2 Uhr, und deren dritte abends 10 Uhr beginnt. Zweitens soll der Arbeiter auf dem Weg zur Arbeit sich nicht unnötig ermüden. Die Arbeiter werden deshalb seit Jahren in Extra-Eisenbahnzügen mittelst Extrawagen von der Installation zu den Arbeitsstrecken gefahren und ebenso hinaus; sie haben nur einen kurzen Weg zu Fuss zu machen. Drittens, damit die Arbeiter sich beim Hinausfahren in ihren oft nassen Kleidern und erhitzt, wie sie sind, während der schlechten Jahreszeit nicht erkälten, sind draussen Vorkehrungen getroffen zum Umkleiden und zum Baden oder blossen Waschen, wie es der einzelne wünscht (Taf. 17). Da werden die nassen Arbeitskleider abgelegt und die trockenen Aus-



Tafel 20: Wassereinbruch auf der Südseite



Tafel 21: Hölzerner Einbau an der Druckstelle.

gangskleider angezogen. Diese Einrichtung hat sich sehr gut bewährt und trägt wohl wesentlich bei zu dem durchaus günstigen Gesundheitszustand. Dank einer peinlichen Reinlichkeit im Tunnel und der starken Lüftung ist es uns auch gelungen, den furchtbarsten Feind der Minenarbeiter, die Wurmkrankheit, die am Gott-hard so grosse Verheerungen angerichtet hat, und die gerade in jetziger Zeit in Westphalen in den Bergwerken stark grassiert, durchaus ferne zu halten. Wir machen alljährlich die Erfahrung, dass mit dem Eintreten der rauhern Jahreszeit sich alles zur Arbeit im Tunnel drängen will und dieser wegen der Gleichmässigkeit und dem Schutz vor den Unbilden der Witterung der Vorzug vor der Arbeit draussen gegeben wird.

Ich muss nun noch mit einigen Worten auf diejenigen Dinge zu sprechen kommen, die beim Bau des Simplon-Tunnels für die Bauunternehmung die grössten *Überraschungen* und *ungeahnte Schwierigkeiten* gebracht haben, zum Teil in geradezu verhängnisvoller Weise. Da sind es in erster Linie die *geologischen Verhältnisse* (Beilage 2), die sich in Wirklichkeit wesentlich anders gestaltet haben, als wie sie vorausgesagt wurden und zwar grossen Theils zu Ungunsten der Unternehmung. Es bezieht sich dies namentlich auf die Südseite und da wiederum namentlich auf die Art der Schichtung. Anstatt möglichst steil einfallenden Gebirges haben uns die horizontalen Schichtungen von Anfang bis heute verfolgt, die nicht nur die mechanische Bohrung und damit den Stollenfortschritt erschweren, sondern namentlich beim Ausbau dadurch grosse Kosten verursachen, dass das Gebirge nicht in sich hält, sondern durchweg eingebaut, das heisst gestützt werden muss (Taf. 18 und 19). In geologischer Beziehung war das Tracé des Tunnels

übereinstimmend von den Geologen als günstig geschildert, aber wie sehr das wirkliche Bild von dem, das man sich ausgemalt hatte, abweicht, davon gibt der Vergleich der beiden Profile den besten Beweis. In Beilage 2 oben ist das sog. offizielle Profil dargestellt, unten das Profil, das der offizielle Geologe, Herr Professor Schardt, auf Grund der Erfahrungen und Erhebungen gemacht hat. Erkennt man nun, so frage ich, im neuen Profil das alte?

Was ich in St. Gallen über diesen Punkt gesagt habe, würde ich, nachdem ich am letzten Sonntag Herrn Professor Schardt gehört habe, heute etwas anders, etwas freundlicher sagen. Sie haben gehört, wie die Geologen heute anerkennen, dass sie sich getäuscht haben, gründlich getäuscht haben. Da gilt der Satz: „Eingestandene Sünde ist halb verziehene Sünde“. Dass Bitterkeit in uns aufkam, muss uns zu Gute gehalten werden, es sind uns gar zu arge Enttäuschungen bereitet worden. Darüber geht der Streit nicht, dass die Geologen nicht im Stande sind, uns die genaue Wahrheit zu sagen, sondern darüber, dass sie zu einer Zeit, wo ihre Theorien so sehr im Fluss waren, wie sie jetzt hier zugeben, Ansprüche getan haben, die, wie sie gesagt waren, vom Laien als bare Münze genommen werden mussten, ein Gefühl der Sicherheit erwecken mussten, das tatsächlich nicht gerechtfertigt war. Eine Wissenschaft, die solchen Methamorphosen ausgesetzt ist, tut, glaube ich, gut daran, etwas vorsichtig aufzutreten, sonst riskiert sie, dass der Praktiker nach und nach allen Glauben verliert. Wenn wir dazu beigetragen haben, andern, die uns nachfolgen, ähnliche Enttäuschungen zu ersparen, so soll es uns freuen. Im Grunde ist es vielleicht gut, dass man die Wahrheit nicht gekannt hat, denn sonst wäre wohl



Tafel 22: Erster eiserner Einbau an der Druckstelle.

das Werk heute noch nicht begonnen, da niemand den Mut gehabt hätte, daran zu gehen.

Wir sehen aus den Profilen, dass wir ausser den ersten Kilometern der Nordseite zirka bis zum fünften Kilometer und ausser dem ersten Kilometer auf der Südseite wenig so gefunden haben, wie die Geologie vorausgesehen hat. Und noch eins, heute das Verhängnisvollste. Im Zentrum des früheren Profils sehen wir ausschliesslich Monte Leone-Gneis; wie ganz anders sieht es nun aus in der heissen Partie. Nur *eine* Kalkschicht geht in diesem früheren Profil in die Tiefe hinunter, und das war für uns ein Hauptpunkt, der uns hoffen liess, dass kein Wasser auftreten würde. Nach dem neuen Profil dagegen kommt der Kalk sehr häufig vor, und der hat uns zuerst die unheimlichen Quantitäten von kaltem Wasser gebracht und in den heissen Partien heisses Wasser, den grössten Feind, den wir antreffen konnten. Alles das heisst, dass für den Praktiker die geologischen Voraussagungen wenig Wert haben zur Beurteilung der zu erwartenden Schwierigkeiten.

Die zweite grosse und für die Unternehmung sehr unangenehme Ueberraschung waren die *Wassereinbrüche* bei Kilometer 4 bis 4.4 der Südseite (Tafel 20). Man hatte uns versichert, dass Wasser überhaupt nicht viel vorkommen werde, und dass, wenn es der Fall wäre, es im Norden kommen werde, bei der Einsattelung am Gantertal am 5. km; aber dort haben wir kein Wasser angetroffen. Wo wir es am allerwenigsten erwarteten, da sind die unheimlichen Quantitäten gekommen, aus den grossen Quellen, wovon einige bis 150 Liter per Sekunde im Sommer führten. Man hat sich den Kopf zerbrochen, wo dieses Wasser eigentlich herkomme; man hat uns anfangs versichert von Seite der Fachleute,

dass es bald auslaufen werde; wir haben diesen Aussagen aber nie getraut und haben Recht behalten. Es läuft heute noch wie im Oktober 1901, nur im Winter etwas schwächer, 800 Liter ungefähr, im Sommer dagegen bis 1200 Liter in der Sekunde.

Die dritte verhängnisvolle Ueberraschung, auf die wir nicht gefasst waren, war die *Druckstelle* auf der Südseite (Taf. 21, 22 und 23); die ist gekommen unmittelbar nach jenen Wasserpartien, die sich einen halben Kilometer lang erstrecken. Unter Druckstelle versteht man ein Gebirge, das bis zu einem gewissen Grade plastisch ist, ohne jegliche Festigkeit; man muss die Erscheinung zurückführen wahrscheinlich auf die enormen Reibungen und den Druck, die bei Gebirgsverschiebungen stattgefunden haben und solche Zertrümmerungen zur Folge hatten. Die Druckstelle, die wir passiert haben, hat eine derartige Pression ausgeübt, dass wir mit allen bis dahin bekannten Mitteln nicht Herr derselben wurden. Wir haben mit den stärksten Holzbalken eingebaut; die sind uns zerbrochen worden wie Zündhölzchen, und wir haben schliesslich nichts anderes gewusst, als eine Art Panzer zu bilden durch Anwendung von Doppel-T-Balken von 40 cm, d. h. dem stärksten Profil. Es stehen nun auf 44 Meter Länge solche Balken einer neben dem andern. Der Druck war so, dass er viele von diesen T-Balken durchscheert hat. Wir haben für die 44 Meter 6 Monate gebraucht, was einem täglichen Fortschritt von 25 cm entspricht, während wir  $5\frac{1}{2}$  m per Tag machen sollten. Es war fast wie Hohn, dass wir gleich nach Ueberwindung der Druckstelle im Mai 1902 die berühmte Woche mit 63 m machten. Aber solche Lichtblicke, solche Wochen waren selten auf der Südseite des Simplon. Nachdem wir mit dem Stollen durch waren,



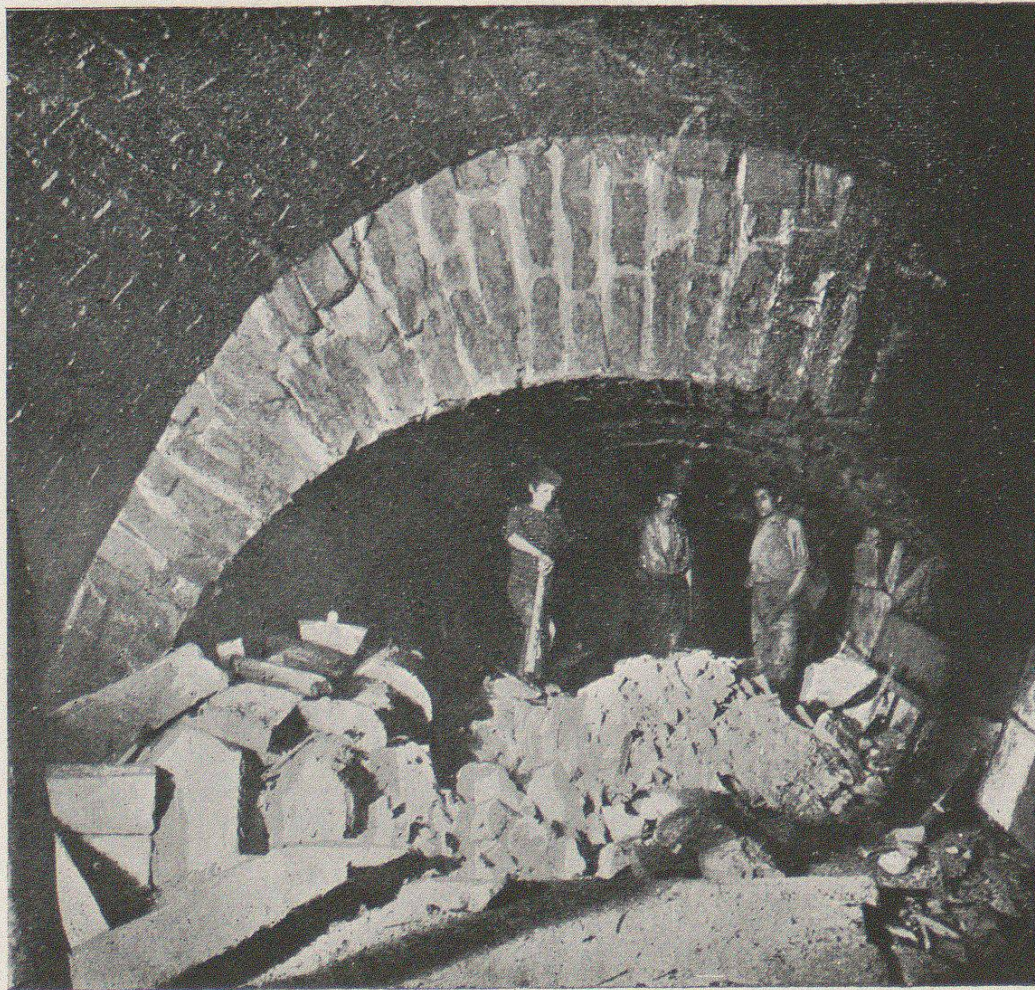
Tafel 23: Eiserner Einbau an der Druckstelle.

war der Ausbau dieser Druckstelle eine ausserordentliche Aufgabe. Sohlengewölbe von 2 m, Widerlager von 1,80 m und Gewölbe von 1,6 m haben wir eingebaut und zwei Jahre gebraucht, um diese Stelle zu sichern; man ist mit der äussersten Vorsicht vorgegangen. Bekanntlich begegnete man auch am Gotthard einer Druckstelle, die aber an sich viel weniger gefährlich war, und nur gefährlich wurde, weil zuerst zu wenig stark gemauert wurde. Die Folge davon war, dass das Gebirge nachrutschte. Man muss verhindern, dass auch nur ein einziger Kubikmeter Gebirge nachkommen kann, weil sonst kein Halten mehr ist. Jedenfalls ist anzunehmen, dass, wenn man nicht mit ausserordentlicher Vorsicht vorgegangen wäre, diese Druckpartie mit Mauerwerk kaum hätte gehalten werden können. (Taf. 24.)

Die vierte grosse Überraschung war die *Temperatur* auf der Nordseite, die wir im Frühling 1902 antrafen und die, wie wir bereits gesagt, anstatt auf 42° im Maximum sich auf 55° steigerte. Wir haben sie glücklicherweise überwinden können, weil unsere Kühleinrichtung stark genug war, und wir können sagen, dass wir relativ dieser Schwierigkeit am besten gewachsen waren. Wir haben es erreicht, dass wir auch im Sommer (im Sommer haben wir eben weniger kühles Wasser) immer, wenn auch nicht 25° Temperatur, so doch selten 27° auf den Arbeitsstellen hatten, und so kann man sagen, dass die Arbeiter unter diesen ausserordentlichen Erscheinungen kaum gelitten haben. Der penibelste Moment war der, als wir gemäss der unheimlichen Steigerung annehmen mussten, dass die Temperatur noch viel höher anwachsen werde, dass wir bis 65° erreichen könnten, entsprechend der gesteigerten Gebirgsüberlagerung; denn, wenn wir letztere in Betracht zogen,

wie sie war im Moment, da wir  $55^{\circ}$  hatten, mussten noch höher kommende Überlagerungen auf die schon angegebene Temperatur weisen, und es war überhaupt die Frage, ob es gelingen werde, diese Temperatur zu bewältigen, ob es nicht nötig sei, den Tunnelbetrieb für ein halbes oder ganzes Jahr einzustellen, um den nötigen Kühlbetrieb einzurichten. Im Sommer 1902 hat man diese Frage studiert, und wir haben ganz genaue Versuche nach verschiedenen Methoden gemacht und haben feststellen können, dass wir, wenn die Temperatur auf  $65^{\circ}$  stiege, anstatt 3 Millionen Kalorien zirka 7 Millionen Wärmeeinheiten per Stunde abführen müssten. Es war alles vorbereitet, um dieser grossen Schwierigkeit zu begegnen, als die Temperatur nach und nach zu sinken anfang; warum, das wird, abgesehen von den geologischen Fragen, eines der zu lösenden Probleme bleiben. Während im Süden eine Abkühlung des Gebirges durch Wasser stattgefunden hat, vermuten wir, dass auf der Nordseite umgekehrt eine Erhitzung des Gebirges durch solches eingetreten ist, so dass wir eine Art Wasserheizung auf der Nordseite hätten.

Die fünfte grosse Überraschung und die allerschlimmste bildete das *heisse Wasser*. Nach den ursprünglichen geologischen Annahmen durften wir, wie oben gesagt, hoffen, in den heissen Partien kein oder wenig Wasser zu bekommen. Wir haben solches aber auf der Südseite im Monat August 1903 für kurze Dauer und im Monat Dezember auf der Nordseite bleibend erhalten. Es sind hier nicht weniger als 70 Sekundenliter 48-gradiges Wasser angeschlagen worden, was eine schädliche Kalorienmenge von 6 Millionen ausmacht (Taf. 25). Es ist ein Wunder, dass wir mit unsern Kühleinrichtungen durchgekommen, und es ist nur dem Umstand



Tafel 24: Hilfsgewölbe in der Druckpartie.



Tafel 25: Temperaturmessung des heissen Wassers a. d. Nordseite.

zu verdanken, dass wir im Winter standen, wo wir ein besonders kühles Wasser haben, während unsere Rechnung selbstverständlich für den ungünstigsten Fall, für die Sommertemperatur, gemacht worden war. Dieses heisse Wasser hat uns einen Zustand geschaffen, der geradezu unsagbar ist, schwer zu ertragen für die Leute, die in demselben arbeiten müssen; da ist der Punkt gekommen, wo wir mit dem besten Willen schwere Verhältnisse den Leuten nicht mehr ersparen können. Es ist möglich geworden, den mit heissem Wasser angefüllten Stollen auszupumpen und, nachdem dies geschehen war, wurden die nötigen Vorrichtungen getroffen, um durch Zuführung von Kühlwasser die Arbeit im Stollen zu ermöglichen und einem weitem Ersaufen desselben vorzubeugen. Eine grössere Anzahl Zentrifugalpumpen mit Turbinen samt den benötigten Druck-, Saug- und Förderleitungen wurden eingebaut. Damit waren wir aber noch nicht gesichert im Falle eines weiteren grössern Einbruches von warmem Wasser, der eventuell so gross werden konnte, dass, der dadurch in den Tunnel eingeführten Wärme wegen, der Ausbau im ganzen Tunnel zur Unmöglichkeit würde. Es wurden deshalb sogen. Dammtüren, wie sie im Bergbau oft zur Anwendung kommen, in beide Stollen eingebaut zum Zweck, den hinteren Teil des Vortriebstollens gänzlich abzuschliessen, falls die gefürchteten neuen Heisswasser-Einbrüche sich einstellen sollten. Nachdem alle diese Vorbereitungen unter unendlichen Mühsalen fertig gestellt waren, wurde am 20. März der mechanische Vortrieb wieder aufgenommen und kamen wir wieder in normalen Gang, sodass bis zirka Mitte Mai 250 m aufgefahren waren. Dann stellten sich wieder warme Quellen ein, die in wenigen Tagen sich derart vermehrten, dass am 18. Mai der Vortrieb definitiv aufgegeben und die Dammi-

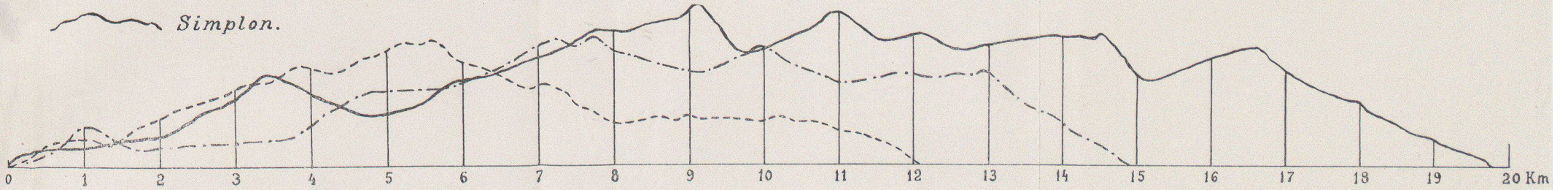
türen einige Tage später geschlossen werden mussten. Es blieb uns nichts anderes übrig, als den Rest der noch ungebohrten Strecke der Südseite zu überlassen.

Es ist klar, dass alle diese zum grössten Teil unerwarteten Schwierigkeiten die Arbeiten derart verzögert haben, dass der ursprünglich in Aussicht genommene Vollendungstermin, Mai 1904, nicht eingehalten werden kann. Die Südseite ist um mehr als zwei Kilometer im Rückstand geblieben. Dass der von uns eingegangene Termin nicht einem unerlaubten Optimismus entsprungen ist, mag die Tatsache beweisen, dass wir von der Nordseite die Mitte des Tunnels bereits am 13. September 1903, also zwei Monate vor dem Zeitpunkt erreicht haben, den wir als Durchschlag in Aussicht genommen hatten. Der Termin ist uns nun verlängert worden bis 30. April 1905.

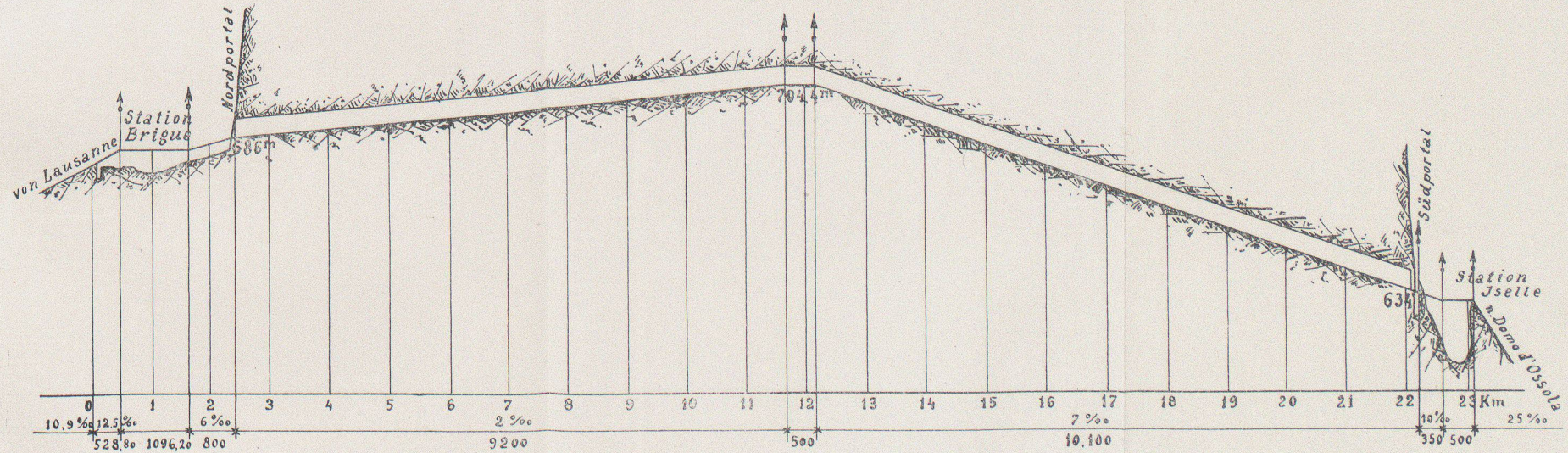
Glücklicherweise hatten sich die Gesteinsverhältnisse auf der Südseite unterdessen auch etwas günstiger gestaltet, sodass namhafte Fortschritte erreicht wurden. Die Strecke, die jetzt noch zu durchbohren bleibt, betrug am Sonntag, den 31. Juli 431 m. Seit zirka 14 Tagen vernehmen die Pumpenwächter bei den Dammtüren der Nordseite die Sprengschüsse von der Südseite in der Form des Geräusches, den ein Hammerschlag auf Fels erzeugt und wenn die Arbeiten nun ungestört weiter geführt werden können, so hoffen wir, den Durchschlag der beiden Stollen im Monat Oktober feiern zu können.

---

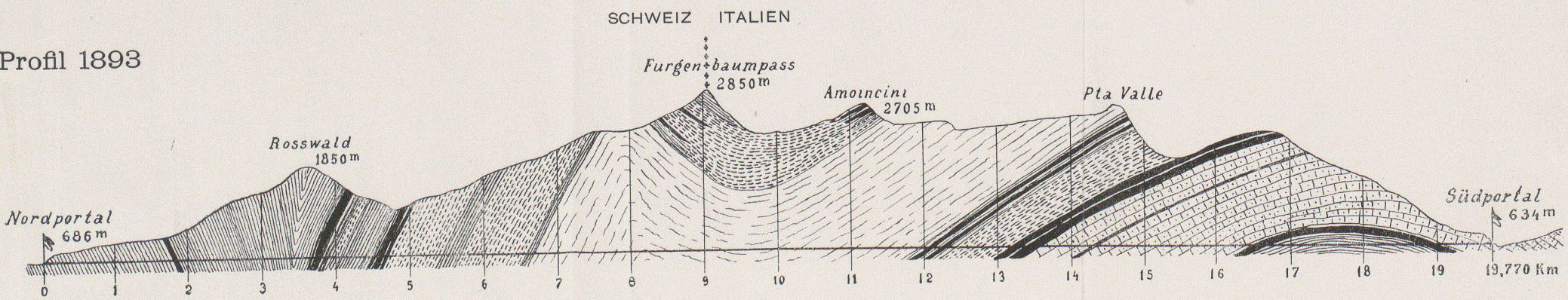
- - - - - Mont-Cenis.  
 - · - · - St. Gotthard.  
 ~~~~~ Simplon.



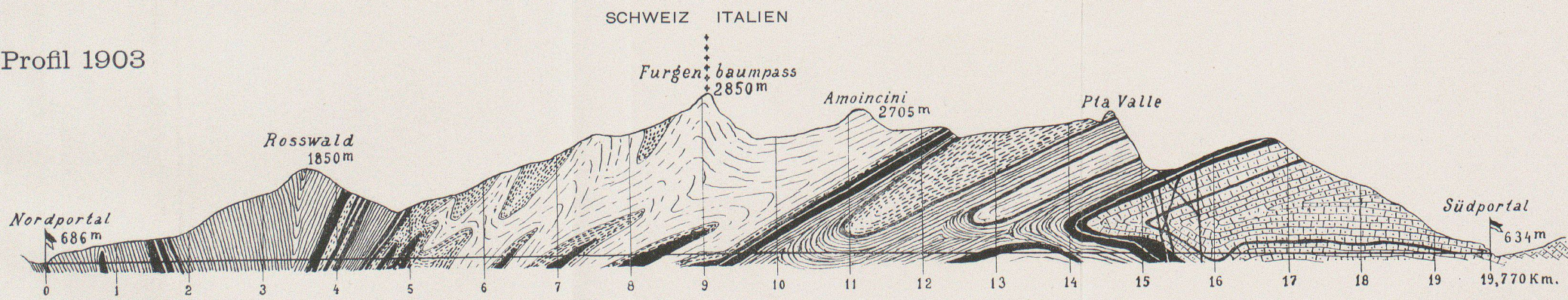
Längen - Profil.








Profil 1893

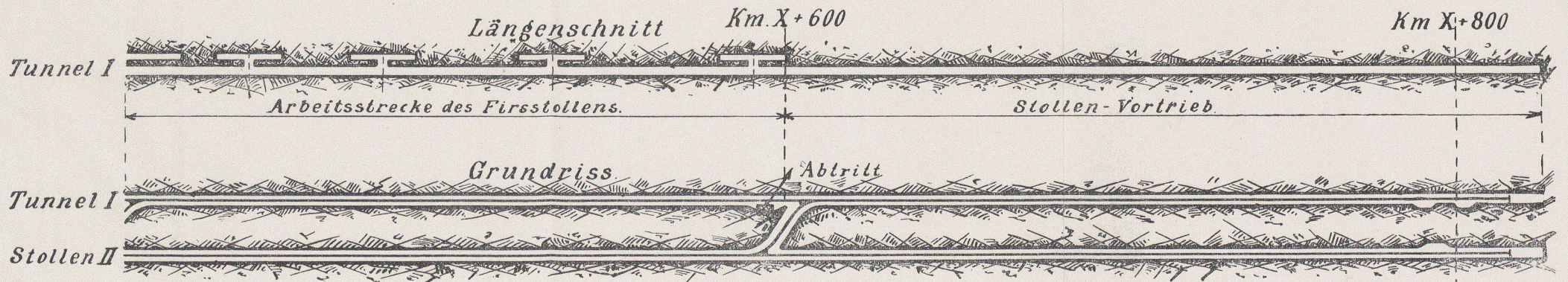
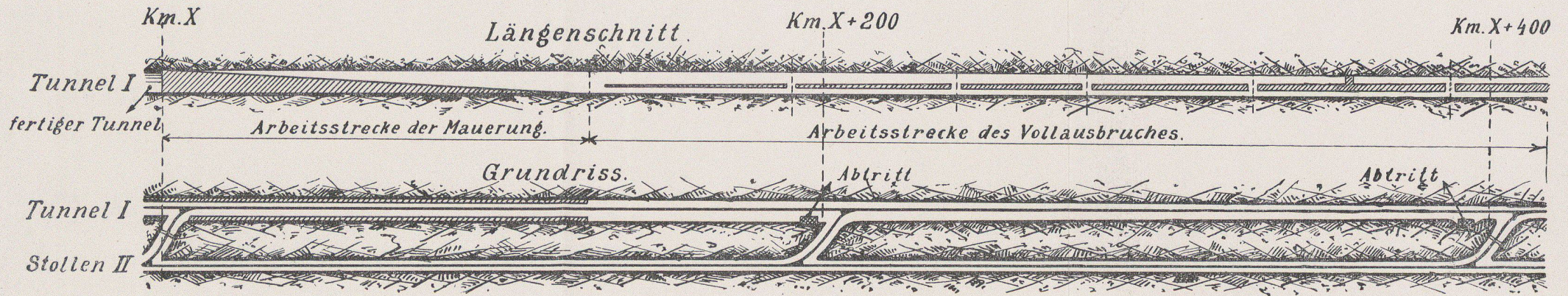


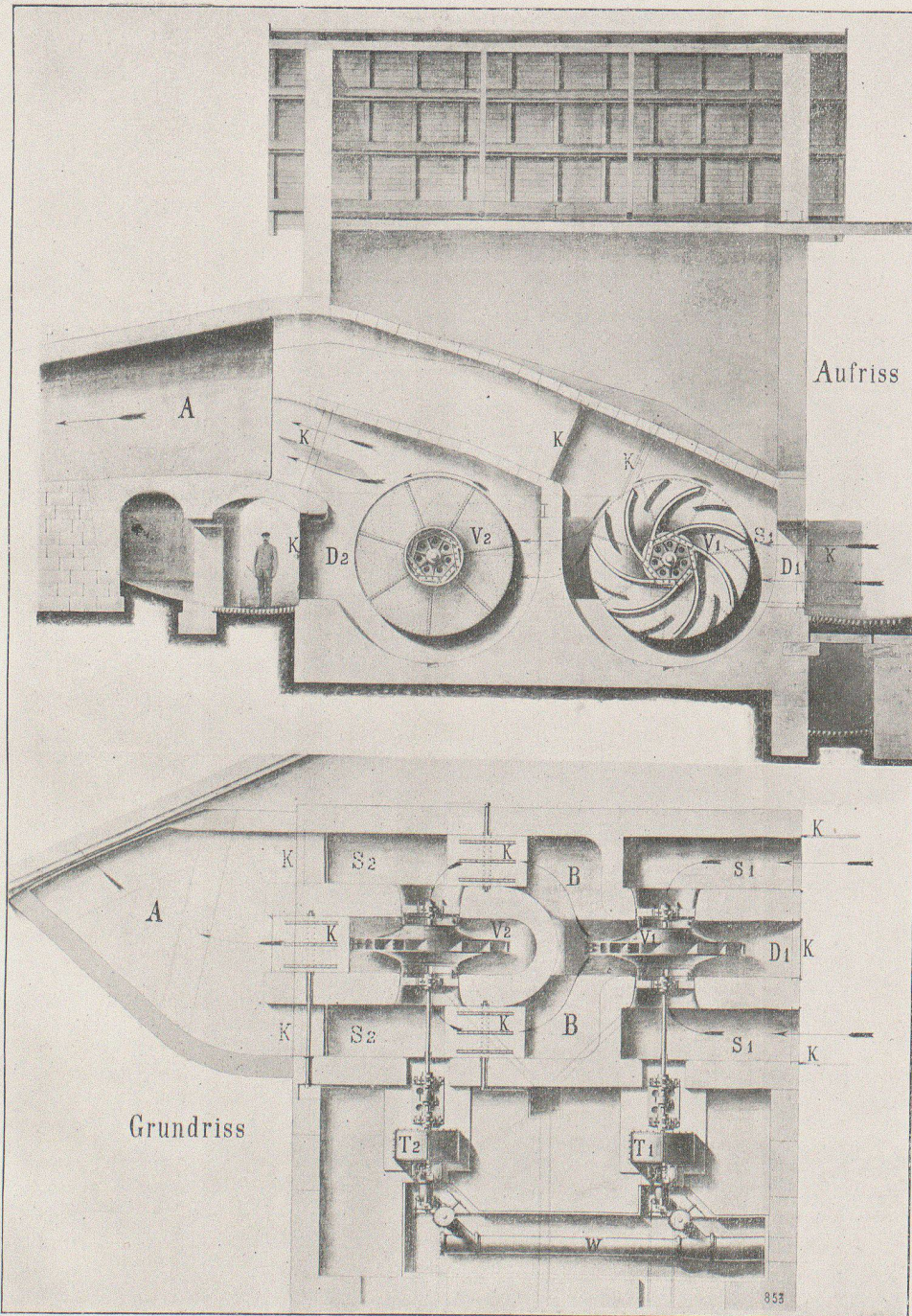
Profil 1903



 *Glanz- und Kalkschiefer*     *Glimmer-Schiefer*     *Gneiss und Gneiss-Schiefer*     *Antigorio-Gneiss*     *Gyps und Kalk.*

# Arbeits-Vorgang im Tunnel.





## Ventilations-Anlage.

V 1 + V 2 = Ventilatoren.

T 1 + T 2 = Turbinen.

W = Druckwasserleitung.

S 1 + S 2 = Saugluftkanäle.

D 1 + D 2 = Druckluftkanäle.

B = Verbindungskanal zwischen Ventilator 1 + 2.

A = Ventilationskanal in den Tunnel.

K = Regulierklappen.

Diese zwei Ventilatoren können einzeln oder hintereinander auf Druck oder nebeneinander auf Quantum gekuppelt laufen.

Leistungen per Ventilator:

Tourenzahl per Minute = 350.

Luftmenge per Sekunde = 25 m<sup>3</sup>.

Druck = 250 mm Wassersäule.

Kraftbedarf zirka 140 HP.

### Nachtrag.

Bis zur Drucklegung sind neue Schwierigkeiten entstanden, indem am 6. September 1904 auf der Südseite, als die Distanz zwischen den Örtern Nord und Süd noch zirka 250 m betrug, eine warme Quelle von zirka 100 Sekundenliter und 46° Temperatur angeschlagen wurde. Die dadurch bewirkte Störung der Arbeiten war derart, dass der Vortrieb erst im November wieder aufgenommen werden konnte.

---